



Diseño de Sistema de Válvulas para Tanques de Resina

Juan Manuel Pogliano

Universidad Nacional de Rosario
Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura
Escuela de Ingeniería Mecánica
Rosario, Argentina
Año 2024

Diseño de Sistema de Válvulas para Tanques de Resina

Juan Manuel Pogliano

Proyecto Final de Ingeniería Mecánica presentado como requisito parcial para optar al
título de:

Ingeniero Mecánico

Director:

Ing. Guillermo Rodríguez

Universidad Nacional de Rosario
Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura
Escuela de Ingeniería Mecánica
Rosario, Argentina
Año 2024

A mis padres Marta y Osvaldo, a mis hermanas Julieta, Leticia y Analía, a mi pareja Gisel y a mi hija Delfina. No puedo dejar de mencionar a mis sobrinos, cuñados y demás familiares, así como amigos, colegas y excompañeros de aula y de trabajo. Su apoyo ha sido invaluable a lo largo de la vida.

Agradecimientos

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a todos aquellos que hicieron posible la culminación de este proyecto. En primer lugar a los profesores de cátedra Proyecto de Ingeniería Mecánica, en especial a mi tutor, el ingeniero Guillermo Rodríguez, por brindarme la oportunidad de trabajar en un proyecto ya abordado en mi trabajo actual. Esta consideración fue fundamental para mí dado mi rol de estudiante, trabajador y padre de familia, permitiéndome administrar de manera eficiente mis recursos y esfuerzos personales, especialmente para retomar los estudios que no pude completar en el pasado.

También agradecerle al equipo de trabajo, con especial mención al ingeniero Rodrigo Sorrequieta, coordinador del proyecto, al ingeniero Ramiro Zanetti y a Ariel Vidal por su colaboración durante la visita a la planta, el relevamiento en planta y sus valiosos aportes a la ingeniería.

Hago extensivo mi reconocimiento al personal de C.V.O. especialmente a Juan Manuel Marcuzzi, Andrés Rodrigo y al equipo de Mantenimiento, por su receptividad y valiosas contribuciones al proyecto. Agradezco también el apoyo brindado al proporcionarnos las herramientas necesarias que facilitaron enormemente el desarrollo y la implementación exitosa de las soluciones ingenieriles en este proyecto.

Agradezco a mis hermanas, la Estadística Analía Pogliano y la Licenciada Leticia Pogliano por asesorarme para la estructuración del formato de proyecto y la redacción.

De un modo más indirecto, agradezco a Projecting S.A. por haberme confiado la realización del trabajo en su momento, así como por su colaboración actual, al permitirme disponer del tiempo necesario para finalizar y completar la entrega del proyecto final sin obstáculos.

Mis padres, Osvaldo Pogliano y Marta Ferraudi, merecen un reconocimiento especial por sus constantes apoyos y dedicaciones a lo largo de los años, así como por sus compromisos con la educación de sus hijos. Sus ejemplos y sacrificios están a punto de culminar con el logro de títulos universitarios para sus cuatro hijos, marcando así un importante hito en nuestra movilidad social ascendente. Son la verdadera razón de mi perseverancia y el impulso detrás de este logro.

También a mi pareja Mariana Gisela Konyk, alias Gisel, por su apoyo incondicional y por asumir la responsabilidad de las tareas domésticas para permitirme concentrarme en el proyecto. También agradezco a mi hija, Delfina Pogliano, por comprender, aunque a veces

a medias, la importancia de que su padre completara sus tareas pendientes y le brindara un buen ejemplo de perseverancia y compromiso.

No puedo dejar de mencionar a personas que siempre colaboran conmigo como mi hermana Julieta Pogliano, quien supervisa mis contribuciones, y a mi suegra, Alicia Arias, por su constante colaboración en el cuidado de Delfina. Agradezco también a todos mis amigos por comprender mi ausencia durante este período.

Por último, deseo expresar mi gratitud a la universidad pública, gratuita y de calidad, por brindar oportunidades de formación a los estudiantes, permitiéndonos contribuir a la sociedad con habilidades y conocimientos especializados. Valoro profundamente este espacio que reconoce el esfuerzo y la resiliencia de los estudiantes, sin estigmatizar a aquellos que no cumplen con el calendario académico estándar.

Resumen

El presente proyecto aborda el diseño de un sistema de válvulas en cuatro (4) tanques de resina correspondiente al trabajo realizado por la empresa de Ingeniería y Construcciones Proyecting S.A. para la compañía de generación de energía eléctrica Central Vuelta de Obligado S.A. (C.V.O.) solicitado mediante el pliego denominado “Operación de Válvulas en Altura” en mayo de 2023.

El objetivo del proyecto fue la realización de la ingeniería necesaria (diseño, proyección, dimensionamiento, cálculo y especificación técnica) para la provisión e instalación de válvulas neumáticas y de conexiones tipo bajadas de cañerías para la conexión de mangueras a nivel de planta, así como centros de comandos neumáticos para cada tanque y la extensión y suministro de la red de aire comprimido.

El propósito de dicha ingeniería fue eliminar la exposición del personal a condiciones de trabajo en altura al conectar las mangueras en los niples de salida y operar las válvulas manuales durante el vaciado de los tanques.

Como resultado se proporcionó la ingeniería para la provisión de seis bajadas de cañería de acero inoxidable de 2” de diámetro nominal, cada una equipada con válvulas actuadas, válvulas manuales y adaptadores para mangueras tipo Camlock. Incluyó la provisión de cuatro gabinetes de comando con seis válvulas direccionales a palanca alimentadas y conectadas a los actuadores con cañerías de acero inoxidable de 3/8” nominal.

El enfoque logró el objetivo de operatividad a nivel de planta, respetando los espacios de trabajo en inmediaciones a los tanques, los corredores y las especificaciones del cliente.

Palabras clave: (válvulas, tanques de resina, ingeniería, seguridad, altura).

Abstract

This project addresses the design of a valve system in four (4) resin tanks carried out by the Engineering and Construction company Proyecting S.A. for the power generation company Central Vuelta de Obligado S.A. (C.V.O.), requested through the tender named "Valve Operation at Height" in May 2023.

The project's objective was to conduct the necessary engineering (design, projection, sizing, calculation, and technical specification) for the provision and installation of pneumatic valves and pipe connection downpipes for hose connection at plant level, as well as pneumatic control centers for each tank and the extension and supply of the compressed air network.

The purpose of this engineering was to eliminate personnel exposure to working at height conditions when connecting hoses to outlet nipples and operating manual valves during tank emptying.

As a result, engineering was provided for the provision of six stainless steel pipe downpipes of 2" nominal diameter, each equipped with actuated valves, manual valves, and Camlock-type hose adapters. It included the provision of four control cabinets with six lever-operated directional valves fed and connected to actuators with 3/8" nominal stainless steel pipes.

The approach achieved the operational objective at the plant level, respecting the workspaces near the tanks, corridors, and customer specifications.

Keywords: (valves, resin tanks, engineering, safety, height).

Contenido

Agradecimientos	VI
Resumen	VIII
Abstract	IX
Contenido	X
Introducción	1
1. Fundamentos teóricos.....	5
1.a. Accionamiento manual de válvula	5
1.a.1. Válvula esférica	6
1.a.2. Componentes de la válvula esférica manual	7
1.a.3. Apertura de la válvula esférica manual	8
1.b. Accionamiento neumático de válvula	11
1.b.1. Actuador (general).....	11
1.b.2. Actuadores neumáticos	12
1.b.3. Actuador rotativo	12
1.c. Comando de la válvula	14
1.c.1. Válvulas direccionales	14
1.c.2. Selección válvula direccional:.....	16
1.c.3. Aplicaciones	18
1.d. Red de aire comprimido	19
1.d.1. Provisión de aire comprimido	20
1.d.2. Humedad en el aire	20
▪ Combinaciones posibles de unidades de acondicionamiento del aire comprimido.....	22
1.e. Tuberías.....	22
1.e.1. Pérdidas de carga en tuberías.....	23
1.e.2. Ecuación General de las Pérdidas Primarias – Ecuación de Darcy – Weisbach	23
▪ El factor λ	24
1.e.3. Pérdidas Secundarias y Longitud Equivalente.....	25
▪ Longitud de tubería equivalente	26
1.e.4. Uso de tablas y nomogramas	26
2. Recopilación de información	29
2.a. Pliego de cotización	30
2.b. Pliego de especificaciones técnicas	30
2.c. Válvulas actuadas y manuales.....	30
2.c.1. Cañerías	32
2.c.2. Actuadores y posicionadores	32
2.d. Visita en planta – Reunión técnica	32
2.e. Solicitud de información extra	33
2.f. Relevamiento.....	33
3. Modelado	35
3.a. Ejes de Referencia	36
3.b. Tanque Cati3n Sur	36
3.b.1. Bajada.....	36
3.b.2. Gabinete	37

3.b.3. Caños de aire comprimido	38
3.c. Tanque Cati3n Norte	39
3.d. Tanque Ani3n Sur	40
3.d.1. Bajadas	40
3.d.2. Gabinete	41
3.d.3. Caños de aire comprimido	42
3.e. Tanque Ani3n Norte	43
3.e.1. Bajadas	43
3.e.2. Gabinete	44
3.e.3. Caños de aire comprimido	44
4. Cálculos y selecci3n de componentes	47
4.a. Selecci3n de cañerías	47
4.a.1. Bajadas para resina	47
4.a.2. Para aire comprimido	48
4.b. Cálculo de diámetro de cañerías de aire comprimido	48
4.c. Selecci3n de válvulas y actuadores	50
4.c.1. Válvula esférica neumática	50
4.c.2. Actuador	50
▪ Compatibilidad de la uni3n de vástago	51
▪ Torque requerido	53
4.c.3. Válvula esférica manual	54
4.c.4. Válvula direccional	54
4.c.5. Conexi3n de elementos de aire comprimido	55
▪ Conexi3n a actuadores	55
▪ Conexi3n de válvulas direccionales a gabinete	55
▪ Conexiones de gabinete	56
▪ Conexi3n de aire comprimido al gabinete	56
5. Correcci3n de modelado y diseño de elementos secundarios	57
5.a. Comentarios acerca del modelado preliminar	57
5.b. Diseño de Gabinete	58
5.b.1. Gabinete para cati3n	58
5.b.2. Gabinete para ani3n	59
5.c. Diseño de soportes	59
5.c.1. Soporte para 2"	59
5.c.2. Soporte para 3/8" vinculado a piso	60
5.c.3. Soporte para 3/8" vinculado a bajada	60
5.c.4. Soporte para 3/8" para altura	60
5.d. Carga de datos para generar isométricos	60
5.e. Correcci3n de modelado	62
5.f. Documentaci3n a generar	62
5.f.1. Planos	62
5.f.2. Otra documentaci3n	63
6. Conclusiones y recomendaciones	65
6.a. Conclusiones	65
6.b. Recomendaciones	66
Bibliografía	67
Anexos	69
Anexo A-1: Tanque de ani3n	69
Anexo A-2: Tanque de Cati3n	70
Anexo A-3: Nomograma	71
Anexo A-4: Válvulas de accionamiento manual VHEF	73

Anexo A-5: Implantación.....	75
Anexo A-6: Isométricos.....	77
Anexo A-7: Planos de Definición de Elementos Secundarios	79

Introducción

Hasta la fecha de realización de este trabajo de ingeniería en mayo de 2023, el vaciado de resina de los tanques se llevaba a cabo utilizando válvulas manuales conectadas a las bridas de vaciado. Además, se requería la conexión de mangueras a través de adaptadores colocados en el extremo libre de las válvulas. Esta metodología implicaba que los operarios de C.V.O. realizaran trabajos en altura, una condición laboral que siempre conlleva riesgos de seguridad y que idealmente debe evitarse. Además, resultaba poco práctica, especialmente si el trabajo se llevaba a cabo con frecuencia.

Para evitar dicha condición de trabajo, se decidió inicialmente convocar a la empresa Projecting S.A. con el fin de que diseñara plataformas de acceso a las válvulas ubicadas en altura. Durante la visita técnica a la planta, la empresa observó que las condiciones respecto al espacio disponible para la instalación de estas plataformas eran muy limitadas. Además, se anticipó la dificultad que implicaría el mantenimiento de los corredores y espacios de trabajo alrededor de los tanques en cuestión.

Después de analizar los objetivos y propósitos del proyecto inicial, se sugirió una propuesta alternativa: reemplazar las válvulas manuales por válvulas similares pero comandadas remotamente, ya sea por vía eléctrica o mediante una alternativa oleoneumática. Después de una discusión con los ingenieros de C.V.O., se determinó que la forma más conveniente de implementar el comando remoto de las válvulas sería por vía neumática. Esta decisión se basó en la existencia de una red central de aire comprimido en el recinto de los tanques y en sus cercanías. Cada tanque ya contaba con una rama de esta red en uso, lo que minimizaba los costos de instalación de la red, por lo cual, se consideraron las ventajas operativas y económicas.

Además, para completar el propósito evitando también la conexión a las mismas en altura, se requirió que la operación de conexión de mangueras pueda realizarse a nivel de planta, lo que implicó la implantación de bajadas de cañerías en posterior a las válvulas actuadas.

Por razones de seguridad del proceso, se requirió además la instalación de válvulas esféricas manuales operables a nivel de planta, antes de la colocación de adaptadores para las mangueras destinadas a su uso.

Una vez establecido el nuevo objetivo, fue necesario definir el alcance del proyecto mediante el análisis de la configuración y modos de operación de los tanques existentes. Se constató que los cuatro tanques de resina se dividían (y aun se dividen) en dos tanques de anión y dos tanques de catión. Los tanques de anión están subdivididos en dos módulos, superior e inferior, cada uno requiriendo una conexión de vaciado. Los tanques de catión no presentan subdivisiones. En consecuencia, el número total de juegos de válvulas neumáticas con sus respectivas bajadas requeridas fue de seis.

Por un lado, los dos tanques de anión están equipados con seis bridas de vaciado: tres para el módulo superior y tres para el inferior. Se solicitó la conexión de la brida inferior D2 del módulo superior¹ y de la brida E2 ubicada en el medio del módulo inferior. Dado que la brida inferior D4 es accesible desde la planta, se diseñaron las bajadas de cañerías de tal manera que no interfirieran y permitieran la operación de esta válvula. Esto implicó una disposición de las bajadas no solo hacia abajo, sino también diagonalmente, con un desvío lateral con pendientes de 45°.

Por otro lado, los dos tanques de catión no presentan subdivisiones y cada uno cuenta con tres bridas de vaciado. Siguiendo el mismo criterio que para los tanques de anión, se trabajó con la brida central, manteniendo operativa la brida inferior.

En resumen, de los cuatro tanques en cuestión, todas sus bridas de vaciado inferiores permanecieron sin cambios, ya que ya eran accesibles y operativas a nivel de planta al momento de la conexión. Se presentó la alternativa de poder extraer resina desde la brida central tanto para los módulos inferiores de los tanques bimodulares como para los tanques monomodulares.

Actualmente, considerando la fecha de realización del trabajo, cada una de las bridas de vaciado operativas estaba conectada a un conjunto que consistía en una válvula manual y un adaptador de conexión de manguera tipo Camlock. Estos conjuntos tuvieron que ser desconectados para permitir el montaje de las bajadas, y luego fueron reemplazados al final de las mismas, con el fin de conservar una válvula manual de seguridad y proporcionar el adaptador necesario.

¹ Consulte el Anexo A-1: tanque de anión

Con respecto al comando remoto, se dispuso de llevarlo a cabo operando unas válvulas esféricas bridadas, accionándolas con actuadores neumáticos rotativos diseñados específicamente para este propósito. El control seleccionado fue del tipo de accionamiento manual con palanca, utilizando una válvula neumática direccional. Estas válvulas se ubicaron en gabinetes de comando proporcionados para tal fin.

Por último, el suministro de aire se derivó desde la provisión a los nichos electroneumáticos existentes correspondientes al control de válvulas de cada par de tanques de catión-anión, ya acondicionado, realizando esta derivación aguas abajo del filtro existente. Se proporcionaron e instalaron las tuberías hasta cada gabinete de comando, junto con su respectiva soportería. Un par de tuberías de comando alimentaron las terminales de cada actuador neumático utilizando el recorrido de las cañerías de bajada, desde la ubicación del gabinete próxima al adaptador de manguera hasta la ubicación en altura de los actuadores. Estos últimos fueron enzunchados a las cañerías mediante abrazaderas a modo de soporte.

Como condiciones límite del proyecto, se requirió respetar la reserva de espacios de trabajo alrededor de los tanques y de los corredores de paso para el personal, como se mencionó inicialmente en la configuración del proyecto. La ubicación de las válvulas manuales, de las conexiones de mangueras y de los tableros de comandos neumáticos debía garantizar la comodidad y la practicidad para el personal involucrado.

En el caso particular del tanque de anión 10GCF21, al que denominaremos en este documento como tanque de Anión Norte, se optó por mantener el pasillo existente entre el tanque y la pared del recinto. Para ello, se instaló el gabinete adyacente a la pared y se suministró mediante un recorrido de tubería tipo arco, utilizando las columnas existentes como soporte.

Además, fue necesario cumplir con las fichas de especificaciones técnicas de clases de calidad establecidas por la plana mayor de la compañía, que incluían requisitos específicos para las bajadas de acero inoxidable, la ampliación de la red de aire comprimido, así como la soportería.

Los componentes considerados para el proyecto fueron los siguientes:

- Juego de válvulas neumáticas con sus respectivas bajadas de cañerías: un total de seis (6). Incluyen una unión bridada de 2" de diámetro, conexión de la válvula con el actuador al tanque y a la cañería, y conexión bridada en el extremo inferior con juego de válvula manual y adaptador Camlock tipo A.

- Gabinetes de comando: Cuatro (4) en total, dos para los tanques de anión con dos comandos cada uno, y dos para tanques de catión con un único comando. La configuración del gabinete, vinculación de válvulas direccionales, tamaño y tipo de conexiones serán definidos durante la realización del proyecto.
- Tuberías de suministro: Tubo rígido de acero inoxidable con diámetro a determinar mediante cálculo. Se incluyen los adaptadores correspondientes.
- Tuberías de operación: Tubo rígido de acero inoxidable con tamaño de diámetro a determinar. También se incluyen los adaptadores correspondientes.

1. Fundamentos teóricos

En el siguiente capítulo, nos sumergiremos en un enfoque teórico con el propósito de establecer un fundamento académico sólido para abordar tanto la problemática planteada como la solución propuesta de manera adecuada.

En detalle, examinaremos el funcionamiento de la válvula manual, la cual opera mediante la generación de un torque mediante una fuerza aplicada a la palanca de apertura. Al reemplazar esta palanca por un actuador neumático, debemos generar el mismo torque, pero esta vez utilizando la presión de aire comprimido, mediante un mecanismo como un piñón-cremallera, un yugo escocés u otro dispositivo que transforme el movimiento lineal generado por la presión sobre una pared móvil en un movimiento rotatorio.

Para lograr la apertura o cierre, es necesario aplicar una presión suficiente para generar el torque requerido y vencer las fuerzas internas durante el giro de la bola de la válvula esférica. Para garantizar esta presión mínima en el punto de operación del actuador neumático, es crucial considerar la presión en el punto de suministro y todas las pérdidas de carga generadas por el flujo a través de conductos, válvulas y accesorios. Es a través del análisis de estas pérdidas de carga que se determina el diámetro mínimo del conducto necesario para garantizar la presión operativa mínima.

Por último, también debemos tener en cuenta que el fluido a utilizar, en este caso, aire comprimido, requiere ciertos tipos de acondicionamientos que le permitan funcionar de manera óptima como un sistema de transmisión de potencia remota.

1.a. Accionamiento manual de válvula

Como hemos mencionado anteriormente, hasta la fecha de realización del proyecto, el comando de las válvulas de vaciado se realizaba de forma manual. Estas válvulas en cuestión eran válvulas esféricas bridadas de accionamiento manual. A continuación, detallaremos su función, características y su funcionamiento.

1.a.1. Válvula esférica [1]

- **Función:** Estas válvulas pueden ser de bloqueo o cierre, así como válvulas de estrangulación o control de flujo, aunque en menor medida, lo mismo que combinadas. En nuestro caso, se trata de válvulas de cierre, ya que su accionamiento permite o impide el paso del fluido en el tanque, controlando así su vaciado.
- **Empleo:** A diferencia de las válvulas de control, que se utilizan para regular el caudal, e indirectamente la presión, las válvulas de cierre se emplean en sus posiciones extremas, es decir, adoptando las posiciones ON/OFF.
- **Tipos:** En su modalidad más común, y la que nos concierne es la de dos vías y del tipo de bola giratoria.
- **Característica:** La válvula esférica se distingue principalmente por su capacidad para abrirse o cerrarse mediante un giro de $\frac{1}{4}$ de vuelta (90°).
- **Funcionamiento:** La bola ubicada dentro de la válvula gira en conjunto con el vástago de accionamiento. Esta bola está taladrada de modo de tener un paso circular en una dirección. La misma es capaz de girar entre asientos elásticos. Cuando el pase coincide con la dirección del flujo, la válvula está completamente abierta. A medida que la válvula gira en su rango de $\frac{1}{4}$ de vuelta, la pared de la bola ofrece resistencia al flujo de fluido, aumentando así la pérdida de carga, la cual se incrementa a medida que se reduce el paso libre. El cierre total de la válvula se logra al interrumpir por completo el paso del fluido.
- Las ventajas de las válvulas esféricas incluyen su alta capacidad de flujo, bajo costo, baja pérdida de carga y rapidez en la apertura y cierre. Estas características las hacen ampliamente utilizadas en una variedad de aplicaciones industriales y comerciales.

1.a.2. Componentes de la válvula esférica manual

En la figura 1-1 se mencionan las partes esenciales de una válvula esférica típica, mientras que en la figura 1-2 se detallan los componentes de una válvula manual típica bridada:

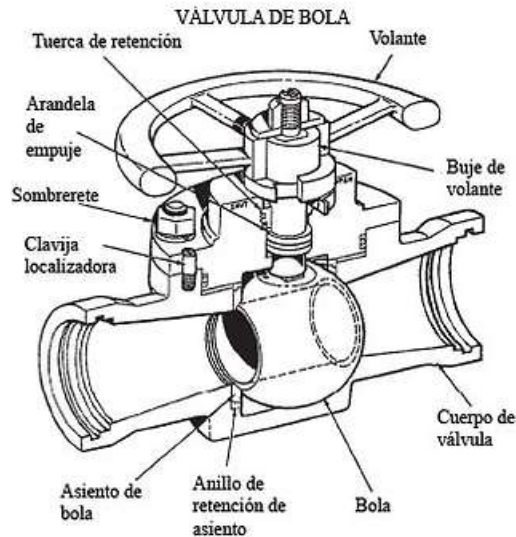


Figura 1-1: se trata de una válvula de bola del tipo soldable de enchufe y con volante de accionamiento manual. [2]

“Anatomía básica:

La válvula de bola cuenta con 7 partes esenciales que componen su estructura:

1. *Cuerpo y tapa: Partes retenedoras de presión, son el contenedor de las partes internas de las Válvulas.*
2. *Bola: Elemento posicionado en el paso del caudal que permite o evita el flujo dentro de la línea, a través de un giro de 90° sobre un eje perpendicular a la dirección de flujo.*
3. *Vástago: Elemento que acciona a la bola.*
4. *Maneral: Palanca que permite operar la bola a través del vástago.*
5. *Asientos: Componentes de distintos materiales colocados para sujetar a la bola entre las superficies de sellado del mismo asiento, permitiendo así el cierre hermético del fluido.*
6. *Sellos de cuerpo: Elementos que evitan que haya fuga hacia el exterior entre el cuerpo y la tapa de la válvula. Pueden ser fabricados de diversos materiales.*
7. *Sellos de vástago: Elementos de sellado colocados entre el cuerpo de la válvula y el vástago para evitar fugas hacia el exterior. Pueden ser fabricados de diversos materiales.”*

[3]

figura 1-3². Su sentido dependerá de si la fuerza aplicada está provocando la apertura o el cierre de la válvula.

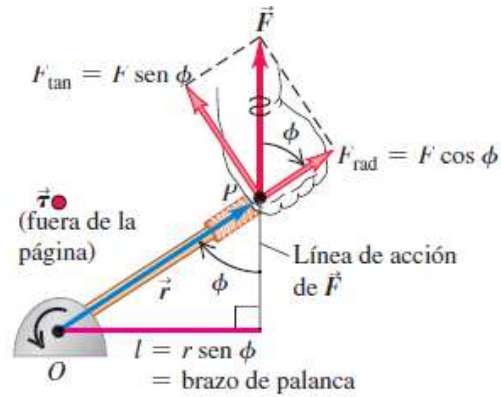


Figura 1-3: Representación de una fuerza aplicada sobre un punto de la palanca en un plano perpendicular al eje de giro. [5]

Es importante tener en cuenta que, en respuesta a la fuerza de accionamiento de la válvula, aparecerán fuerzas que resisten el movimiento de apertura o cierre. El conjunto palanca-bola actúa como un cuerpo rígido que se moverá si los momentos de apertura superan a los de resistencia de la siguiente manera (ecuación (1.2)):

$$\sum \tau_z = I \cdot \alpha_z > 0 \quad (1.2) \quad [5]$$

Con:

τ_z torque neto sobre un cuerpo rígido (bola- palanca) en el sentido del eje de la válvula.

I momento de inercia del cuerpo rígido respecto de Z.

α_z aceleración angular del cuerpo rígido respecto de Z.

Por lo tanto, nuestra fuerza debe tal que se cumpla la relación expresada en las ecuaciones (1.3) y (1.4) en el sentido z:

$$\tau_{ap} > \tau_{res} = \tau_{as} + \tau_{emp} + \tau_{sell} \quad (1.3)$$

$$\tau_{ap} = r \cdot F \cdot \sin \phi \quad (1.4)^3$$

² "Cuando una fuerza $\vec{F}$ actúa en un punto que tiene un vector de posición $\vec{r}$ con respecto a un origen O, (...) la torca $\vec{\tau}$ de la fuerza con respecto a O es la cantidad vectorial" [5]

³ Magnitud del producto vectorial de la fórmula (1.1)

Cuyos valores son:

τ_{ap} : torque de apertura

τ_{res} : torque de resistencia

τ_{as} : torque generado por la fuerza en el asiento

τ_{emp} : torque generado por la fricción de la empaquetadura con la bola

τ_{sell} : torque generado

r y F son los módulos de $\vec{r}$ y de $\vec{F}$ respectivamente

ϕ es el ángulo conformado por $\vec{r}$ y $\vec{F}$ representado en la figura 1-3

El torque generado debido a la resistencia al movimiento en una válvula esférica puede tener diversas causas, entre las que se incluyen:

- Fuerza en el asiento: Esta fuerza está relacionada con la caída de presión a través de la válvula y el área del asiento. Cuanto mayor sea la caída de presión y el área del asiento expuesta, mayor será la fuerza necesaria para mover la válvula.
- Fricción de la empaquetadura con el giro de la bola: La fricción entre la empaquetadura y la bola de la válvula puede generar resistencia al movimiento y, por lo tanto, contribuir al torque necesario para operar la válvula.
- Fricción de sellos con el vástago: La fricción entre los sellos y el vástago de la válvula también puede contribuir al torque requerido para girar la válvula.

Estas condiciones hacen que el torque varíe en función del ángulo de giro, así como también en función de su estado estático o dinámico⁴

⁴ “El torque se reduce junto con el aumento de la apertura de la bola debido a la disminución de la superficie de presión y la caída de presión. Cuando la bola gira en la dirección de cierre a apertura, en primer lugar, es necesario superar la relación de presión de sellado, la diferencia de presión causada por el medio en la tubería antes y después de la válvula y el par estático causado por factores de fricción, como la empaquetadura. Cuando la fuerza motriz es mayor que la fuerza de fricción estática, la bola comienza a girar. El torque requerido disminuye al cambiar de fricción estática a fricción dinámica. Cuando el centro de la bola gira hacia la línea de sellado del asiento, el medio antes y después de la conexión de la válvula, y la diferencia de presión disminuye gradualmente, por lo tanto, el par dinámico de fricción también disminuye con el aumento de la apertura de la válvula.” [17]

1.b. Accionamiento neumático de válvula

En esta sección analizamos el elemento que reemplazó el accionamiento manual de la válvula. El actuador fue elegido como reemplazo, en su variante neumática como la más adecuada a los fines de cumplir este servicio. Como se mencionó previamente, esta elección se fundamentó en la presencia de una red central de aire comprimido en el área de los tanques y sus alrededores. Cada tanque ya estaba conectado a una sección de esta red, lo que redujo los costos de implementación y se tuvieron en cuenta las ventajas en términos operativos, financieros y de seguridad.

1.b.1. Actuador (general)

“Los actuadores mecánicos para válvulas se utilizan mucho por su conveniencia, velocidad y seguridad. Se impulsan con motor eléctrico o neumático; ambos tipos tienen ventajas, aunque los actuadores con motor eléctrico son más adaptables...”

...Hay actuadores mecánicos disponibles para casi cualquier tipo y tamaño de válvulas. Pueden ser neumáticos, eléctricos o hidráulicos. El que se piense o no en utilizar un actuador en un caso particular depende de la colocación de la válvula y la función que tenga en el proceso.

Las válvulas en oleoductos, gasoductos y tuberías para agua o las que están en sitios lejanos en una planta, requieren un actuador mecánico, aunque sólo sea por conveniencia. El actuador se puede justificar para válvulas que se deben abrir, cerrar o utilizar para estrangulación con frecuencia. La velocidad es otro factor, sobre todo en válvulas grandes, en las cuales se pueden necesitar algunos minutos para abrirlas y cerrarlas a mano.

La seguridad, por supuesto, es el factor dominante. En caso de un incendio, alteración del proceso u otra emergencia, el actuador es obligatorio para cerrar con rapidez una tubería; se puede graduar para cierre automático cuando las condiciones del proceso exceden de ciertos límites.

Las válvulas con control automático se suelen accionar con actuadores neumáticos de diafragma y pistón o de pistón equilibrado por presión...” [1]

1.b.2. Actuadores neumáticos

“Un actuador es un dispositivo capaz de convertir la potencia fluida (caudal presurizado) en trabajo mecánico que se ejecuta con cierto ritmo en el tiempo. Cualquiera que sea el tipo de actuador fluido —lineal, rotatorio o un motor—siempre funciona mediante el desplazamiento de una frontera móvil. En ocasiones, la frontera móvil avanza en línea recta, otras veces gira alrededor de un eje, pero siempre es impulsada por la aplicación de las fuerzas de presión fluida” [6]

En la figura 1-4 se esquematiza el actuar de la presión sobre una frontera móvil para distintos tipos de desplazamientos

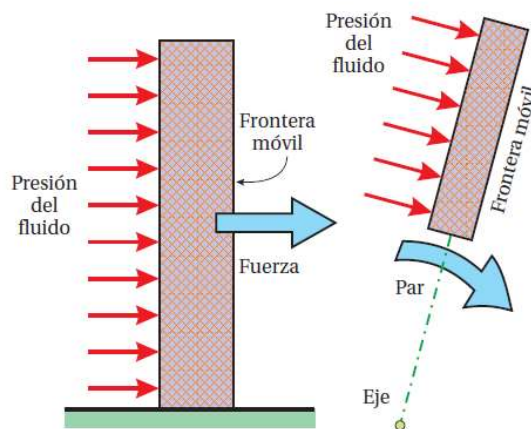


Figura 1-4: “La presión del fluido genera una fuerza o un par al actuar sobre una superficie móvil” [6]

1.b.3. Actuador rotativo

El tipo de actuador que nos concierne es el rotativo, ya que buscamos lograr este tipo de movimiento en el vástago de la válvula. A modo de ejemplo, presentamos algunos tipos de actuadores rotativos, los cuales básicamente convierten un movimiento lineal en uno rotativo.

Entre los ejemplos se encuentran los accionamientos utilizados por la línea Actair de KSB. Dependiendo del rango de tamaños de los actuadores, se emplea un sistema diferente, como piñón-cremallera, yugo escocés o el yugo AMRI patentado para torques mayores.

El comportamiento de estos actuadores varía el torque en función del ángulo de giro del vástago. Sin embargo, nuestro criterio de diseño consistió en asegurar que el torque mínimo generado por el actuador sea mayor que el torque máximo requerido por la válvula.

La figura 1-5 representa los diferentes estados inicial y final de una válvula de piñón y cremallera. La figura 1-6 muestra cómo el torque se mantiene constante en función del ángulo de apertura a lo largo de todo el recorrido.

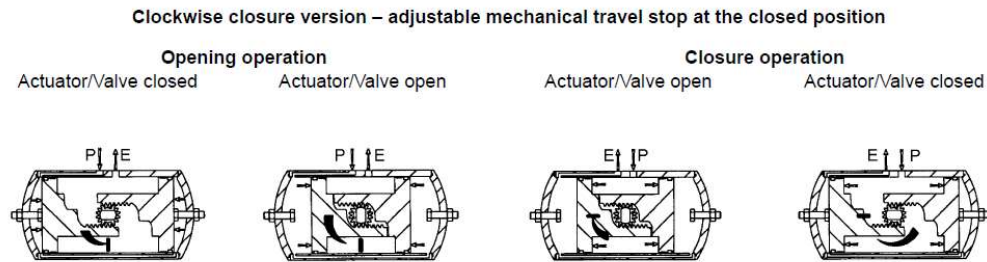


Figura 1-5: Figura: Sistema de piñón – cremallera. La figura ilustra el sistema de piñón y cremallera utilizado para la operación de apertura y cierre de la válvula. Se presentan los estados inicial y final tanto para la apertura como para el cierre de la válvula [7].

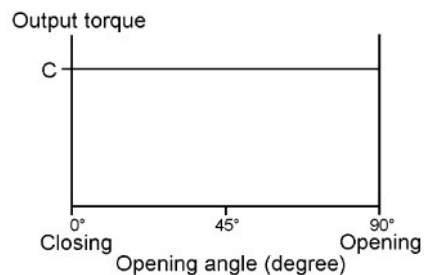


Figura 1-6: El gráfico exhibe un torque constante a lo largo de todo el rango de movimiento [7].

La figura conjunta 1-7 representa los estados con distintos torques en función del ángulo de apertura para el sistema de yugo escocés.

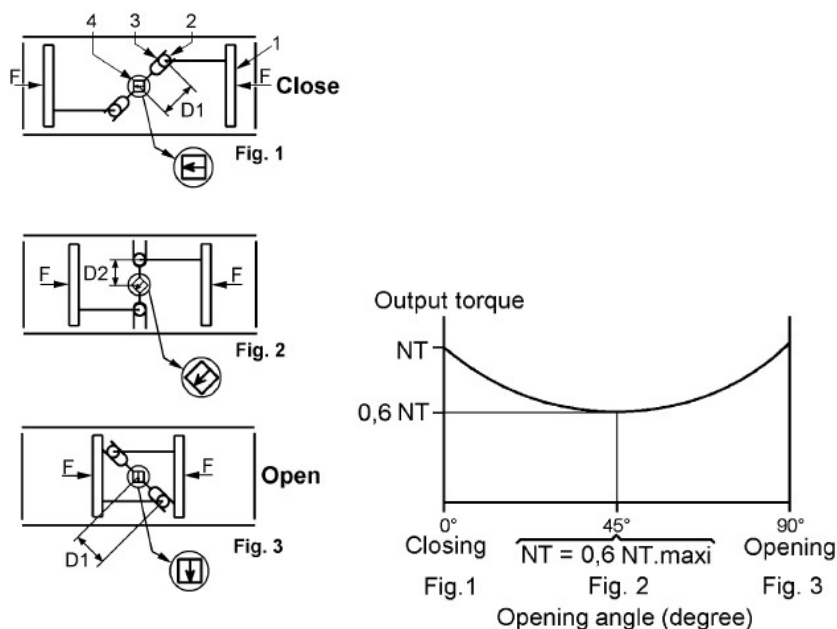


Figura 1-7: Sistema yugo escocés. La figura ilustra la variabilidad del componente radial del torque, siendo mínimo a la mitad de recorrido de la apertura [7].

1.c. Comando de la válvula

En esta sección analizaremos el elemento que gobierna al actuador neumático de manera remota para comandar la apertura y cierre de la válvula. Discerniremos sobre los distintos tipos, usos y aplicaciones para lograr una selección acorde a nuestras necesidades.

1.c.1. Válvulas direccionales [6]

- Función:

“...Las válvulas de control direccional permiten elegir el camino a través del cual avanza la potencia fluida y, por consiguiente, si el fluido de trabajo entra o sale del cilindro de un actuador. Así es como se determina si un actuador lineal se extiende o se retrae, o si uno rotatorio gira en el sentido horario o antihorario. Cuando la válvula de control direccional adopta cierta posición de trabajo, da por resultado que la potencia fluida se conduzca por una ruta determinada o que se detenga su paso.”

- Funcionamiento:

Las válvulas direccionales funcionan a partir del movimiento del conmutador de émbolos, que puede adoptar dos o tres posiciones distintas dentro del cuerpo. En la figura 1-8 se aprecian los estados posicionales de abierto y cerrado para una válvula de dos posiciones y dos vías y una válvula de dos posiciones y tres vías.⁵

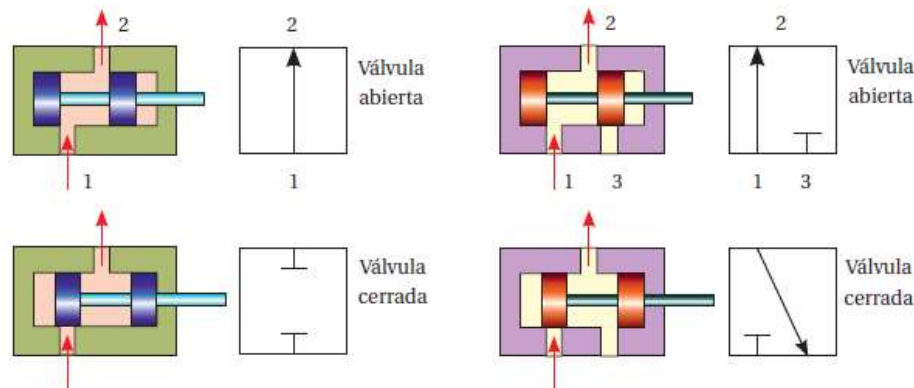


Figura 1-8: Válvulas de 2 vías y dos posiciones y de 3 vías y dos posiciones [6].

- Empleos:

“Las válvulas de control direccional se denominan con base en dos números enteros, separados por una diagonal: n/m. La primera cifra, n, informa cuántas vías se encuentran en el cuerpo de la válvula, para el acceso o salida de la potencia fluida. La segunda cifra, m, informa cuántas opciones de trabajo puede adoptar la válvula, con base en las posiciones de su conmutador.”

⁵ “Una válvula de control direccional tiene un cuerpo construido con acero al carbono, aluminio, bronce o algún otro metal. El cuerpo de la válvula tiene varios orificios, a través de los cuales puede entrar o salir el flujo de líquido o de aire comprimido. En el interior del cuerpo existe una pieza móvil, llamada conmutador de émbolos, que puede deslizarse y tomar dos o tres posiciones de trabajo diferentes. El conmutador de la válvula se desplaza en forma manual, o por la aplicación de una fuerza de presión fluida, de origen eléctrico o por el contacto mecánico de algún dispositivo.

La potencia fluida ingresa y sale del cuerpo de una válvula de control direccional a través de sus puertos o vías, que pueden ir de dos a cinco. En las figuras (...) se muestra la construcción de dos tipos de válvulas de control direccional, en este caso neumáticas. Ambas pueden adoptar dos posiciones de trabajo, pero la primera sólo tiene dos vías de acceso, mientras que la segunda tiene tres vías de acceso para la potencia fluida. En ambos casos también se muestra la representación simbólica de las posiciones adoptadas por el conmutador de la válvula...” [6]

- Tipos:

Se define según su diseño y puede apreciarse en la siguiente figura 1-9.⁶

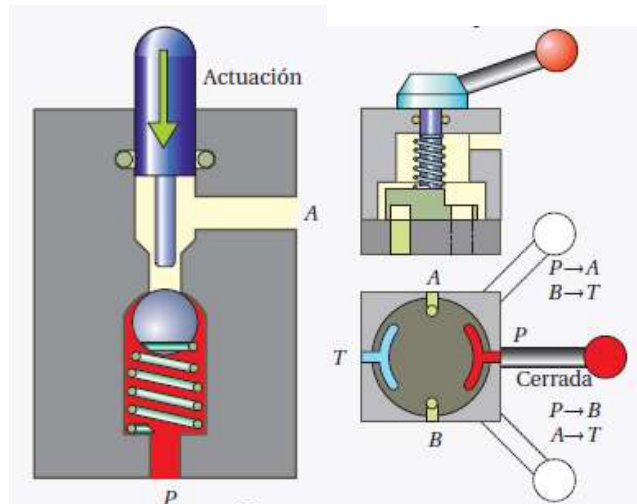


Figura 1-9: representación ed válvulas de control direccional, la primera tipo vástago y la segunda tipo deslizante [6] .

1.c.2. Selección válvula direccional:

- Formas de actuar la válvula direccional: [6]

“...Tal fuerza puede tener un origen mecánico, eléctrico, hidráulico, neumático o humano.

Cuando una válvula se conmuta bajo la acción de una fuerza muscular se dice que está actuada manualmente; este es el caso de los botones pulsadores, pedales y palancas. Esto significa que el funcionamiento de la válvula está sujeta a la voluntad de un operario.”

⁶ “Hay dos categorías diferentes de válvulas por su diseño: de vástago (poppet, en inglés) y las deslizantes. Las válvulas de vástago abren o cierran al retirar una esfera o un disco del asiento de la válvula. Las válvulas deslizantes tienen un conmutador que desliza (en forma rotatoria o lineal) dentro del cuerpo de la válvula y obstruye o hace coincidir los orificios de comunicación entre los pasajes para el flujo.” [6]

Distintos tipos de accionamientos se representan de modo tal como puede verse algunos ejemplos en la siguiente figura 1-10:

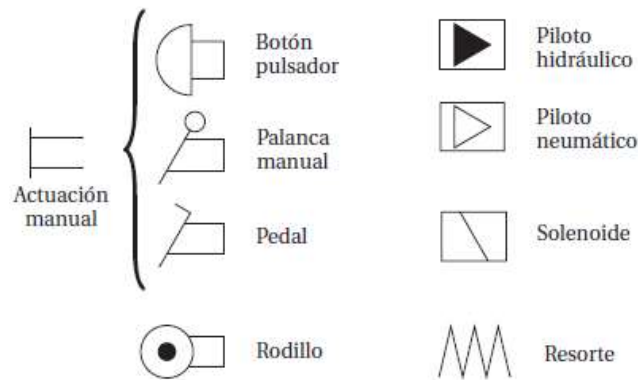


Figura 1-10: “Símbolos para indicar la actuación de las válvulas de control direccional.” [6]

▪ *Posición normal:*

Una clasificación comúnmente utilizada es la de normalmente abierta o normalmente cerrada⁷. La figura 1-11 muestra una configuración de cada tipo para una válvula de tres posiciones y dos vías.

⁷ “Mediante un resorte se puede colocar al conmutador de una válvula 2/2 o 3/2 en una posición inicial decidida de antemano. Se dice entonces que la válvula tiene cierta posición normal. La colocación del resorte puede implicar, por ejemplo, que la válvula permita el paso del flujo presurizado en su condición por defecto; esta válvula se denomina como normalmente abierta. Por el contrario, si en su posición por defecto la válvula impide el paso del flujo, se le llama normalmente cerrada.

Si el conmutador de la válvula ha abandonado su posición por defecto (por la acción de una fuerza externa), en el momento en que cesa la acción que la conmutó el resorte la obliga a recuperar su posición normal...

...Las válvulas de tres vías dos posiciones también se clasifican como normalmente abiertas y normalmente cerradas, con base en la posición que adopta la válvula durante el reposo (ausencia de fuerza para conmutarla), debido a la presencia de un resorte. En la figura (...) se muestran ambas válvulas, en este caso actuadas por palanca.” [6]

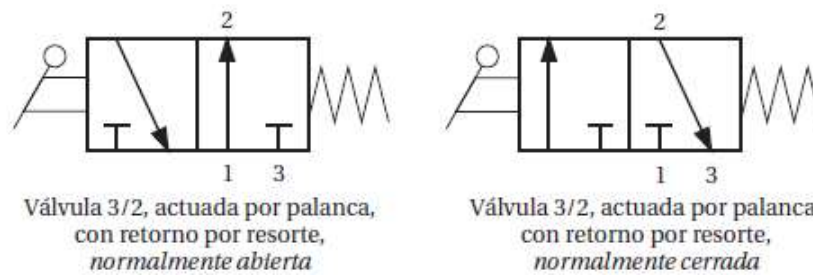


Figura 1-11: Válvulas 3/2 normalmente abierta y normalmente cerrada [6].

- Biestabilidad de las válvulas:

“Una válvula biestable conmuta reaccionando frente a señales alternas que actúan sobre un elemento interruptor móvil. Al retirar la señal, el estado de conmutación de la válvula biestable se mantiene hasta que la válvula reciba una señal contraria. De esta manera se abren o cierran varias líneas de flujo [1-3]. Lo dicho aplica en todos los casos, sin importar si se trata de una electroválvula biestable, de una válvula neumática servopilotada si es una válvula de accionamiento directo.” [8]

1.c.3. Aplicaciones

Las aplicaciones son innumerables. Se realizan menciones orientadas a las que tiene implicancia en el proyecto, comenzando desde lo más sencillo hasta llegar a lo requerido.

- Válvulas 3/2: control de actuador de simple efecto (ver figura 1-12):

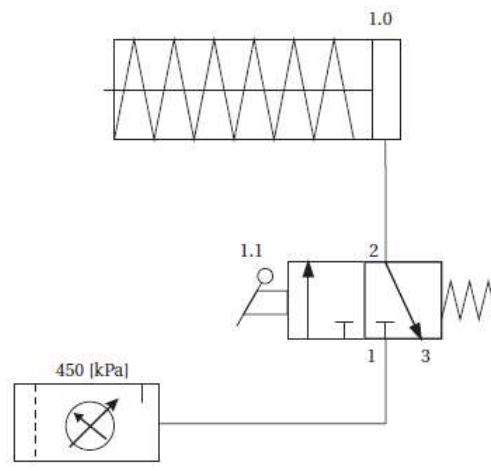


Figura 1-12: Control de un actuador de simple efecto con una válvula 3/2 normalmente cerrada [6].

- Válvulas 4/2: control de actuador de doble efecto (ver figura 1-13):

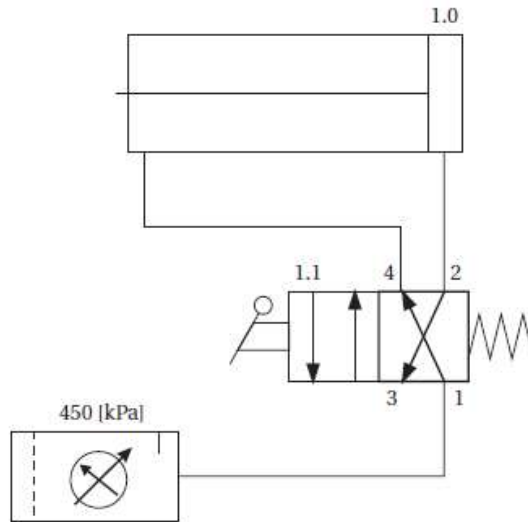


Figura 1-13: Control de un actuador lineal de doble efecto, inicialmente retraído, con una válvula 4/2 [6].

- Válvulas 5/2: control de actuador de doble efecto con doble escape (ver figura 1-14):

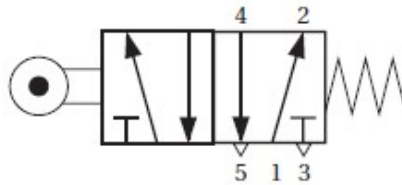


Figura 1-14: Válvula de control direccional 5/2, con doble escape⁸.

1.d. Red de aire comprimido

Como hemos anticipado, el aire comprimido de trabajo se ha obtenido derivando un punto de suministro hacia un gabinete existente. Este aire, se ha conducido por cañerías hasta el actuador, pasando previamente por la válvula direccional, la cual determina el camino para la apertura o cierre de la válvula.

⁸ “En la figura (...) se muestra una válvula de control direccional con cinco vías y dos posiciones posibles para el conmutador. Esta válvula tiene una alimentación de presión desde la línea de abastecimiento —por el puerto 1— y dos comunicaciones independientes hacia la atmósfera —por los puertos 3 y 5— para descargar el fluido que retorna desde las cámaras de la tapa y la cabeza en el actuador. Se dice que esta válvula es una 5/2 con doble escape.” [6]

El aire de suministro se consideró ya acondicionado. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el fluido a utilizar, en este caso aire comprimido, requiere ciertos tipos de acondicionamiento para funcionar de manera óptima como un sistema de transmisión de potencia remota.

1.d.1. Provisión de aire comprimido

Seguramente, el aire que abastece el recinto para los servicios preexistentes proviene de una sala de compresores, que puede constar de uno o varios compresores que elevan la presión del aire y reducen su volumen específico para inyectar aire comprimido a la red. Existen diversos tipos de compresores, pero en este caso, no tenemos información específica al respecto y no es de nuestra incumbencia.

Probablemente, como en la mayoría de las plantas, a no ser que estén provistas de compresores de generación a demanda, la red de aire comprimido cuenta con un depósito de aire situado entre el compresor y la red de distribución⁹.

Además, una sala de compresores incluye un refrigerador, secador de aire, válvulas automáticas de desagüe, mandos, entre otros componentes [9].

1.d.2. Humedad en el aire

El agua proviene del hecho que el aire comprimido a 7 bar no puede contener todo el vapor de agua que fácilmente absorbe del aire a presión atmosférica. Parte de ese vapor de agua se licua a medida que va enfriándose el aire por las tuberías, ocasionando daños en los elementos neumáticos como desgaste y oxidación. Por lo cual, la red de aire comprimido requiere equipos para el tratamiento como ser refrigerador, separador y secador. Un esquema típico de instalación de equipos para tal fin se refleja en la figura 1-15.

⁹ Su función, entre otras, es:

- Amortiguar las pulsaciones de caudal de aire que salen de los compresores alternativos
- Actuar de distanciador de periodos de regulación
- Hacer frente a las demandas puntuales de caudal sin que provoquen caídas de presión.
- Adaptar el caudal de salida del compresor al consumo de aire de la red [9].

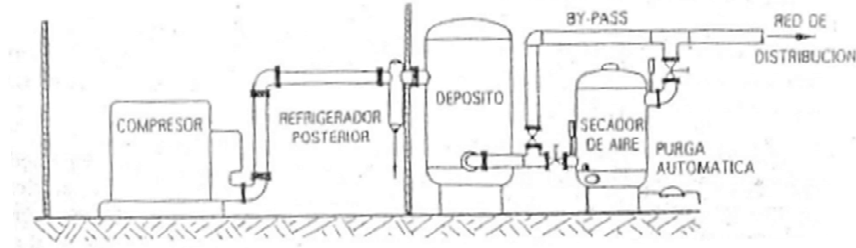


Figura 1-15: Esquema de instalación de aire comprimido [9].

- Tratamientos:
 - Tratamiento del aire a la salida del compresor
 - Refrigerador posterior de agua
 - Refrigerador posterior de aire
 - Secadores
 - Tratamiento de aire en redes de distribución
 - Secador por pastillas desecantes delicuescentes
 - Filtros separadores cerámicos
 - Separadores centrífugos
 - Tratamiento del aire en puntos de utilización
 - Filtros
 - Reguladores de presión
 - Lubricadores

Respecto a este último punto, el tratamiento de aire en puntos de uso, que es importante aclarar debido a la incumbencia de nuestro proyecto, vale mencionar que en las cercanías a puntos de uso pueden emplearse los tres elementos mencionados (filtros, lubricadores y reguladores), ya sea juntos, en combinación de dos de ellos, o solamente uno, según las distintas necesidades a satisfacer en los puntos de uso¹⁰.

¹⁰ Suelen colocarse filtros en cercanías de los puntos de uso porque, salvo que se coloquen secadores, siempre quedan en el aire, al llegar al punto de utilización, residuos de aceite y de vapor de agua, así como pequeñas impurezas procedentes de la atmosfera, que conviene eliminar mediante la colocación de filtros en la línea de actuación del aire comprimido.

Por otro lado, la condición de que los elementos neumáticos reciban aire a presión constante, sin fluctuaciones, es muy ventajosa para que esfuerzos inadmisibles que provocan un acortamiento en su vida, así como para que no tengan un funcionamiento irregular.

- Combinaciones posibles de unidades de acondicionamiento del aire comprimido

La figura 1-16 representa a modo de ejemplo el trío FRL y el dúo filtro-regulador, adoptado al prescindir del lubricador. En determinadas situaciones es perjudicial la llegada de aceite al puesto de trabajo. En instalaciones de pintura, los automatismos fluidos, aparatos de control, etc., la lubricación es inadmisibles, ya que perjudica y llega a impedir el correcto funcionamiento de los aparatos [9].



Figura 1-16: Filtro regulador-lubricador y filtro regulador [9].

1.e. Tuberías

Para garantizar la presión mínima necesaria en el punto de operación del actuador neumático, es crucial considerar la presión en el punto de suministro y todas las pérdidas de carga generadas por el flujo a través de conductos, válvulas y accesorios. Mediante el análisis de estas pérdidas de carga, se determinó el diámetro mínimo del conducto necesario para asegurar la presión operativa mínima.

Igualmente, los elementos neumáticos deben lubricarse para que mantengan una duración y rendimientos razonables, pues, como cualquier mecanismo con partes móviles, el engrase evita el envejecimiento prematuro [9].

1.e.1. Pérdidas de carga en tuberías [10]

Las pérdidas de carga en una tubería son de dos clases: primarias y secundarias¹¹. Considerando, en primer lugar, únicamente las primarias, supongamos una tubería horizontal de diámetro constante, como la que se representa en la figura 1-17. En este caso, tenemos:

$$H_{rp1-2} = \frac{p_1 - p_2}{\rho \cdot g} \quad (1.5) \quad [10]$$

Donde:

H_{rp1-2} son las pérdidas primarias entre los puntos 1 y 2 de la figura 1-17

p_1 y p_2 son la presión en los puntos 1 y 2 de la figura 1-17 respectivamente

ρ es la densidad del fluido y g es la constante de aceleración de la gravedad.

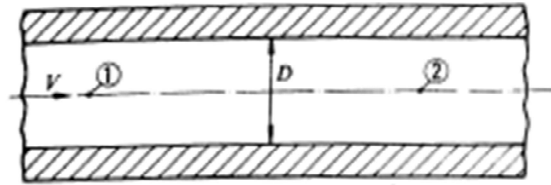


Figura 1-17: En una corriente real en tubería horizontal de diámetro D , la presión en 2 es menor que la presión en 1 [10].

1.e.2. Ecuación General de las Pérdidas Primarias – Ecuación de Darcy – Weisbach

La fórmula que se utiliza para determinar las pérdidas de carga primarias es la ecuación Darcy-Weisbach y se escribe del modo siguiente:

$$H_{rp} = \lambda \cdot \frac{L \cdot v^2}{D \cdot 2g} \quad (1.6) \quad [10]$$

¹¹ Las pérdidas primarias son las pérdidas en la superficie en el contacto del fluido con la tubería (capa límite), rozamiento de unas capas con otras (régimen laminar) o de las partículas entre sí (régimen turbulento). Tienen lugar en flujo uniforme, en los tramos de tubería de sección constante.

Las pérdidas secundarias son las pérdidas de forma, que tienen lugar en varias transiciones (estrechamientos o expansiones de corriente), codos, válvulas, y en toda clase de accesorios de tubería...” [10]

Donde :

λ es el coeficiente de pérdida de carga

L es la longitud de la tubería

v es la velocidad media del fluido.

Además de las ya mencionadas.

▪ El factor λ

Se trata de un factor adimensional¹², que, en su caso general, es función de otras dos variables adimensionales como lo son la rugosidad relativa¹³ y el número de Reynolds¹⁴. Existen una serie de fórmulas para calcular λ , que serán distintas según sea el régimen laminar o turbulento, así como se sean la rugosidad de las cañerías en lisas y rugosas puede obtenerse distintas fórmulas que quedan representadas en el ábaco conocido como Diagrama de Moody¹⁵ representado en la figura 1-18 [10].

¹² Por análisis dimensional se demuestra que el factor de pérdida de carga, es función de velocidad media del fluido, del diámetro de la tubería, de la densidad, viscosidad cinemática y de la rugosidad de la tubería y se resume en una funcionalidad respecto del número de Reynolds y la rugosidad relativa de la tubería [10].

¹³ La rugosidad relativa es una variable adimensional y se suele expresar como $\varepsilon = k/D$, donde k es la rugosidad de la tubería y D es el diámetro de la misma [10].

¹⁴ El número de Reynolds es un valor adimensional que define si el régimen de flujo es del tipo laminar o turbulento, se define como $Re = vD_p/\eta$, donde v es la velocidad del fluido, D_p es el diámetro de la tubería y η es la viscosidad cinemática. Si el valor de Re supera cierto umbral, se identifica con uno u otro régimen. [10].

¹⁵ Las fórmulas principales del diagrama de Moody son la ecuación de Poiseuille y la ecuación de Colebrook-White, las cuales no son objeto de nuestro estudio en este proyecto. [10].

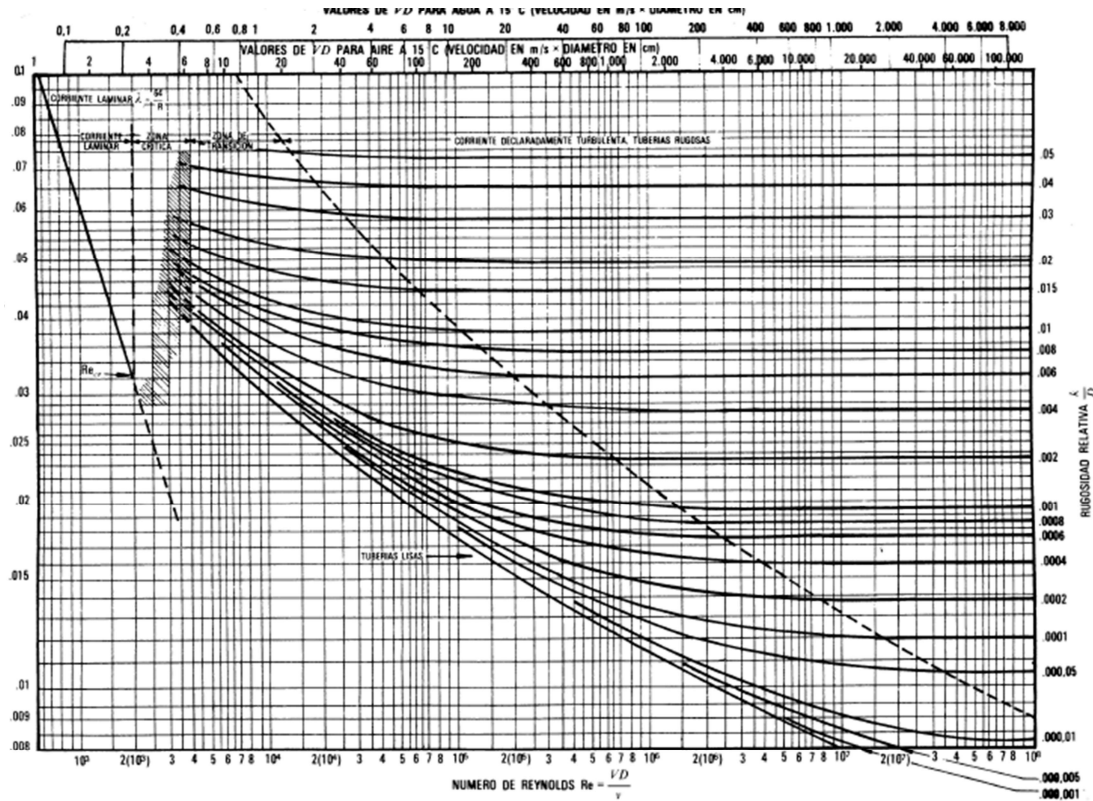


Figura 1-18: diagrama de Moody [10].

1.e.3. Pérdidas Secundarias y Longitud Equivalente

Las mismas se calculan mediante la ecuación fundamental de las pérdidas secundarias, que es análoga a la fórmula de Darcy - Weisbach.

$$H_{rs} = \zeta \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (1.7)[10]$$

Con:

H_{rs} como pérdidas de carga secundarias

ζ como coeficiente adimensional de pérdida de carga.

Para problemas prácticos de fluidos de poca viscosidad como el agua y el aire se hacen poco dependientes del número de Reynolds y se obtienen de forma experimental para los distintos accesorios [10].

A modo de ejemplo mostramos la determinación del coeficiente ζ para un cambio de sección en la figura 1-19:

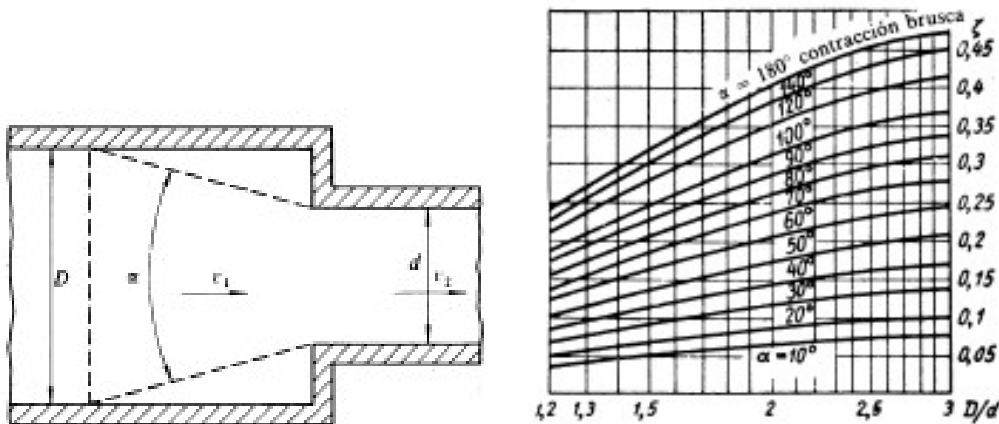


Figura 1-19: Coeficiente de pérdida de carga secundaria para un cambio de sección [10].

▪ Longitud de tubería equivalente

Método de cálculo que consiste en considerar las pérdidas secundarias como en longitudes de trozos de tuberías del mismo diámetro que produciría las mismas pérdidas que el accesorio en cuestión

$$H_r = \lambda \cdot \frac{(L + \sum L_e) \cdot v^2}{D \cdot 2g} \quad (1.6) [10]$$

Donde:

H_r como pérdidas de carga totales

L_e longitud equivalente de cada accesorio

1.e.4. Uso de tablas y nomogramas

La aplicación práctica del nomograma facilita la determinación de los datos buscados con rapidez y exactitud, evitando los anteriores procedimientos de cálculo. Es cómodo encontrar cualquiera de los cuatro factores que integran el cálculo de tuberías, a saber: presión, caudal, diámetro de la tubería y pérdida de presión, con tal que 3 de ellos sea conocidos.

Es importante tener en cuenta que las tablas de pérdida de carga no se pueden utilizar indistintamente para cualquier material con respecto a su rugosidad, ni para cualquier líquido en función de su viscosidad. Por ejemplo, mientras que estos factores pueden ser

constantes para un flujo de aire comprimido conducido en una tubería de acero, no serán similares para agua u otro fluido, ni para tuberías de cobre o nylon¹⁶ [9]. La figura 1-20 muestra un nomograma para tuberías de acero de aire comprimido.

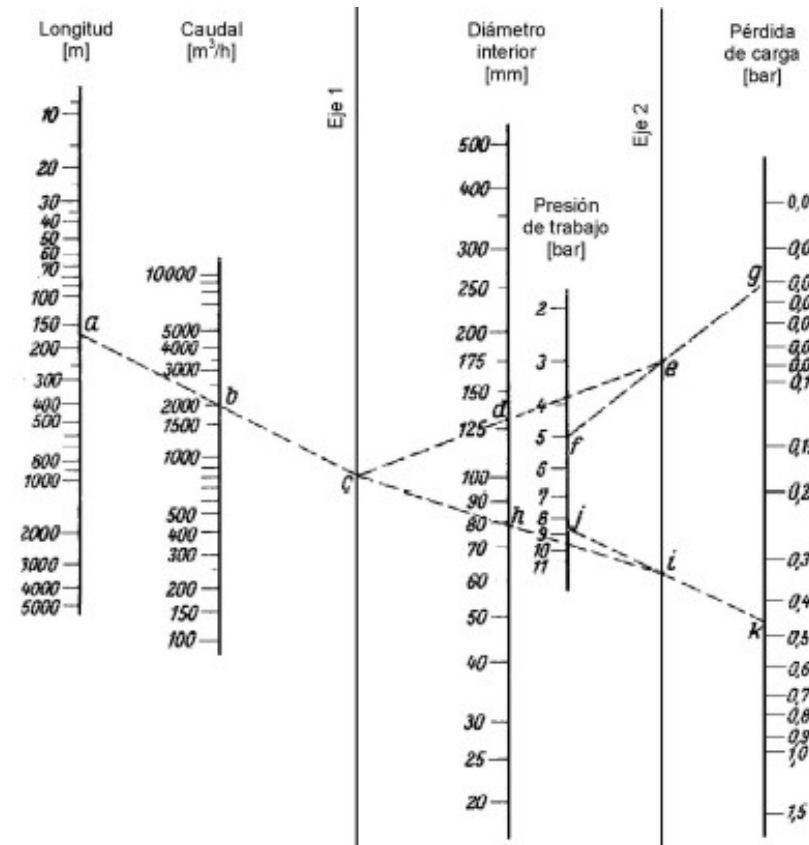


Figura 1-20: Nomograma para el dimensionamiento de tuberías de aire comprimido [11].

Además, para las longitudes equivalentes de accesorios normalizados son de gran utilidad el empleo de tablas, como puede apreciarse en la figura 1-21 o bien el uso de diagramas para obtener valores continuos como en la figura 1-22.

¹⁶ La rugosidad del material de la tubería y la viscosidad del fluido son parámetros críticos que afectan significativamente la pérdida de carga en el sistema. La rugosidad influye en el grado de fricción que el fluido experimenta mientras se mueve a través de la tubería, y la viscosidad determina la resistencia interna del fluido al flujo. Por lo tanto, es fundamental seleccionar las tablas de pérdida de carga adecuadas y específicas para el material de la tubería y el tipo de fluido que se utilizará en el sistema para garantizar una precisión en los cálculos y el correcto dimensionamiento de la red de tuberías [11].

Accesorios para tubería	Longitud equivalente en metros						
	Diámetro interior tubería						
	1"	1 1/2"	2"	3"	4"	5"	6"
Válvula de diafragma	1,5	2	3	4,5	6	8	10
Válvula de compuerta	0,2	0,5	0,7	1	1,5	2	2,5
Curvas de 90°	0,3	0,5	0,6	1	1,5	2	2,5
Curvas de 45°	0,15	0,25	0,3	0,5	0,8	1	1,5
Codos redondos	1,5	2,5	3,5	5	7	10	15
Codos con enlace	1	2	2,5	4	6	7,5	10
Tes	2	3	4	7	10	15	20
Manguitos de reducción	0,5	0,7	1	2	2,5	3,5	4

Figura 1-21: Tabla de pérdida de presión en los accesorios de tubería, expresada en metros de tubería recta [9].

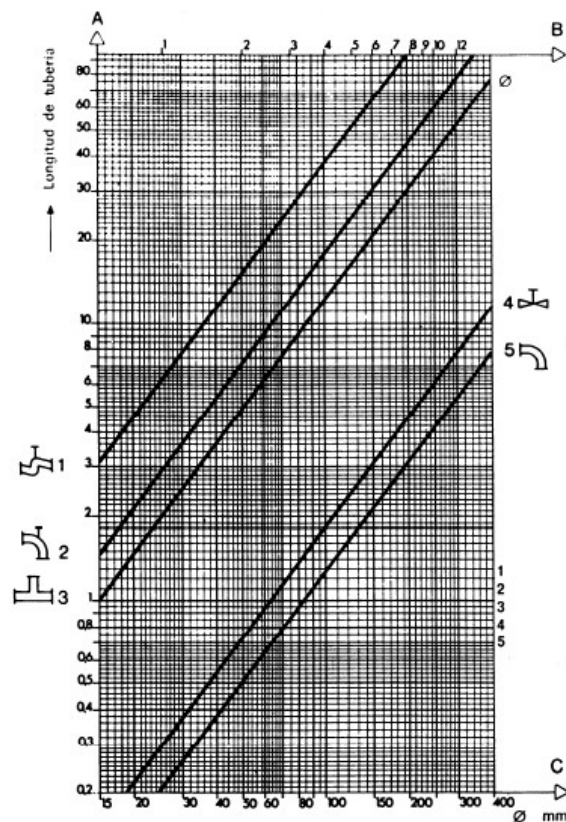


Figura 1-22: Diagrama para obtener la longitud equivalente de accesorios para tuberías de aire comprimido [11].

2. Recopilación de información

Como primer paso para la realización del proyecto, fue fundamental recopilar toda la información posible. Esto nos proporcionó una visión detallada del trabajo a realizar, permitiéndonos identificar qué puntos estaban resueltos o condicionados, ya sea por las limitaciones inherentes del proyecto o por los requisitos impuestos por el cliente en la selección de componentes. De esta manera, pudimos determinar el grado de libertad disponible para abordar y resolver las tareas pendientes.

Las empresas suelen presentar pliegos para cotización en los cuales se identifican requisitos y detalles mínimos necesarios para la cotización de los trabajos, sin ofrecer demasiado detalle adicional. En esta etapa se anticipa la cantidad y alcance de los relevamientos necesarios, así como los parámetros disponibles o variables a determinar. Menos información disponible implica más tiempo de trabajo y, por ende, una cotización más alta.

Una vez seleccionado el contratista, las especificaciones técnicas pueden entrar en mayores detalles para proporcionar la mayor cantidad de información necesaria para resolver el proyecto de la manera más efectiva posible. Especialmente, la información que parte de requisitos impuestos que el contratista puede desconocer.

Aun así, el resto de la información necesaria es responsabilidad del contratista recopilarla y asegurarse de que se cumpla con la entrega de la información previamente pactada, ya sea obteniéndola internamente por parte del contratista, del cliente, o externamente mediante asesoramiento.

2.a. Pliego de cotización

Como se mencionó en la introducción, durante la fase de cotización, el pliego estaba enfocado en proporcionar información sobre estructuras metálicas, escaleras y otros accesorios para la fabricación de plataformas de acceso. Sin embargo, debido a que el proyecto final difería significativamente de lo inicialmente propuesto, no consideramos conveniente mencionar específicamente esos elementos en detalle.

2.b. Pliego de especificaciones técnicas

El nuevo pliego de especificaciones técnicas estableció las diversas especificaciones a considerar para la nueva etapa del proyecto. En este documento se indicaron las válvulas, actuadores y otros componentes a utilizar. Además, se mencionaron las especificaciones de las cañerías y se tomaron como referencia elementos ya instalados en la planta.

2.c. Válvulas actuadas y manuales

El pliego especificó la disposición de las válvulas de vaciado a manipular. A continuación, presentamos un ejemplo específico para el apartado de tanques de anión, ya que el de los tanques de catión es similar y, además, de mayor sencillez debido a que cuenta con un solo niple de vaciado.

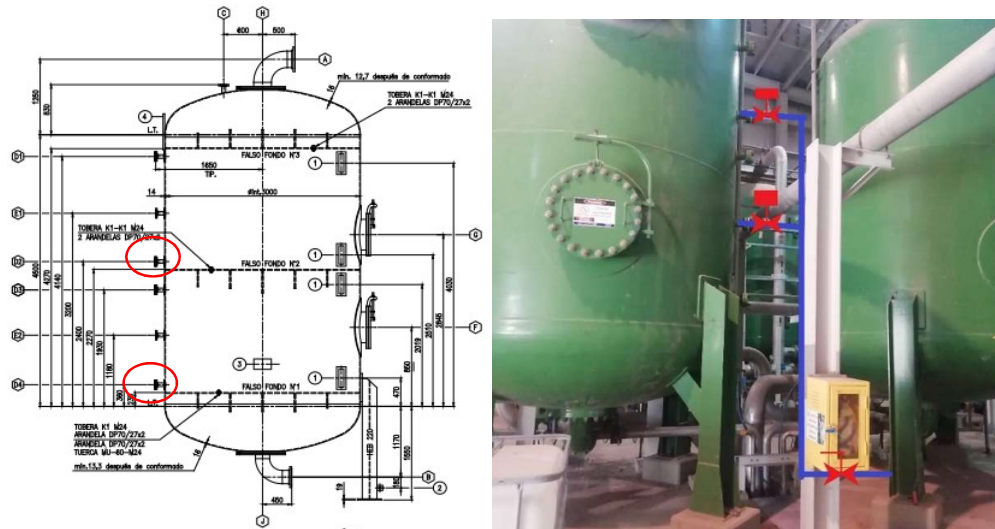


Figura 2-1: Esquema de representación de la instalación de bajadas con válvulas a colocar en tanques de anión. Las válvulas superiores son las actuadas, la válvula inferior es manual.

Cita textual del pliego, apartado específico para tanques de anión:

“Tipo: Esféricas

Tamaño: 2”

Clase: PN10

Cara: RF

Estado: Normal cerrada

Mando: Neumático simple efecto (cantidad 4) con accionamiento manual local

Mando: Manual (cantidad 2)

Cuerpo: ASTM A182 F316, Esfera: ASTM A182 F316, Asientos: PTFE

IMPORTANTE: El mando manual local debe ser accesible al operador

Se deben respetar las marcas y modelos tanto de válvulas como de actuadores tal cual los utilizados en las instalaciones de PTA “

Al final del anexo, cita marca de válvula:

“Válvula GENEBRE

Modelo: 2025

Tres cuerpos”

2.c.1. Cañerías

Para ambos tanques la cita es la misma:

“Schedule: 40S

Material: ASTM A312 TP316L

Dimensión: ASME B36.19

Sin costura”

2.c.2. Actuadores y posicionadores

Además de los actuadores, las especificaciones incluyeron los posicionadores electroneumáticos utilizados en las instalaciones existentes, posiblemente en válvulas de control. No obstante, más allá del pliego, se dejó en claro que el comando requerido es netamente neumático.

“Marca y modelo de válvulas actuadores y posicionadores instalados en planta:

Posicionador KSB AMTROBOX C

Modelo: 42059971

Actuador KSB ACTAIR 6

Modelo: 6 F05-flat14”

2.d. Visita en planta – Reunión técnica

En la reunión con el responsable del área técnica y el equipo de mantenimiento, se determinaron varios cambios respecto al pliego de especificaciones técnicas:

- Se consideró conveniente la independencia de las bajadas de los módulos superior e inferior de los tanques de anión. Por lo tanto, el número de bajadas pasó a ser seis, además de solicitarse dos válvulas manuales adicionales con sus respectivos accesorios.
- Se esquematizó una bajada en sentido vertical, lo cual dificulta la operatividad de la válvula de vaciado inferior. Por ello, se solicitó una bajada a 45° de inclinación hacia uno de los laterales, logrando una separación prudencial para mantener la operatividad de la válvula.

2.e. Solicitud de información extra

Además, se solicitó el uso de información adicional que pudiera ayudar a mejorar los tiempos y minimizar los requerimientos de relevamiento. Se requirió el layout del recinto donde se destacara la implantación de los tanques y los equipos, así como los planos de los tanques, preferiblemente en formato DWG, ya que el modelado se realizó con un programa CAD.

- Información obtenida:
 - Layout del recinto en formato PDF y DWG
 - Implantaciones de tanques, en formato PDF y DWG
 - Información anexa a pliego de especiaciones técnicas
 - Hoja de Datos de tanques de anión, formato PDF
 - Hoja de Datos de tanques de Cation, formato PDF
 - Clases de Cañerías: Especificaciones técnicas y tabla de derivaciones, formato PDF
 - Especiaciones técnicas para Pintura y recubrimientos

2.f. Relevamiento

El punto más complicado a priori del relevamiento iba a ser la determinación de la distancia entre las dos bridas, ya que, al realizarse en una bajada única, el montaje podría complicarse en caso de no tener una buena precisión. Sin embargo, tras la reunión técnica en la que se decidió que las bajadas serían independientes, se pudo confiar en la información recibida.

Se verificaron a grandes rasgos la distancia entre tanques y la altura de cada brida a nivel del suelo, ya que una medición precisa no era fundamental para mantener una posición en planta que garantizara la operatividad de la misma.

Se relevaron posibles interferencias, como columnas y albañales para colocar soportes, así como cañerías existentes, tendidos eléctricos y neumáticos con sus respectivas soporterías. En este caso, se trató simplemente de verificar interferencias con la posible proyección de la red de cañerías.

Para la extensión de la red de aire comprimido desde la red existente, se realizó una proyección preliminar del posible recorrido. Esto permitió previsualizar posibles interferencias y, en caso de identificarlas, relevarlas para poder sortearlas adecuadamente en la proyección de la implantación de dicha red.

3. Modelado

Se ha presentado un primer modelado preliminar, que constituye la parte fundamental del proceso al definir el cumplimiento de las condiciones límite. El sistema de modelado 3D mediante software CAD nos permitió abordar el problema resolviendo los aspectos geométricos y volumétricos en primera instancia, dejando otras cuestiones más específicas para etapas posteriores.

Además, este enfoque facilitó la comunicación con el cliente al proporcionar nociones generales de la propuesta de solución. Esto permitió que, si la propuesta no hubiese sido satisfactoria para ellos o si tuviesen observaciones para mejorarla, estas se podrían realizar en una etapa temprana del proyecto, evitando así trabajo improductivo.

El proceso inició modelando lo existente con la información obtenida durante el relevamiento. Posteriormente, se procedió a modelar la solución, considerando diversos aspectos que se abordarán en el presente capítulo.

Se utilizó el programa AutoCAD Plant 3D debido a sus ventajas en la generación de piping¹⁷, similar a otros programas como Cadworx.

- Cuenta con un catálogo de válvulas que ofrece una amplia gama de especificaciones, incluidas las conforme a las normas ANSI B.31¹⁸, facilitando la selección de dimensiones adecuadas.
- Permite la generación automática de planos isométricos mediante precargas predefinidas.

A continuación, mencionaremos los aspectos tenidos en cuenta.

¹⁷ El Software AutoCAD Plant 3D es una solución BIM (Building Information Modeling) para el Diseño de Plantas Industriales que permiten la visualización digital de los proyectos.

¹⁸ El código ASME B.31 refiere a tuberías a presión.

3.a. Ejes de Referencia

Para facilitar la descripción de los contenidos del presente capítulo, hemos establecido los siguientes ejes de referencia dibujado en la figura 3-1:

- Origen de coordenadas: Extremo suroeste del interior del recinto, contra la mampostería, al nivel del piso terminado.
- Eje X: Paralelo a las paredes del recinto en el sentido positivo Este.
- Eje Y: Paralelo a las paredes del recinto en el sentido positivo Norte.
- Eje Z: Cotas de nivel.

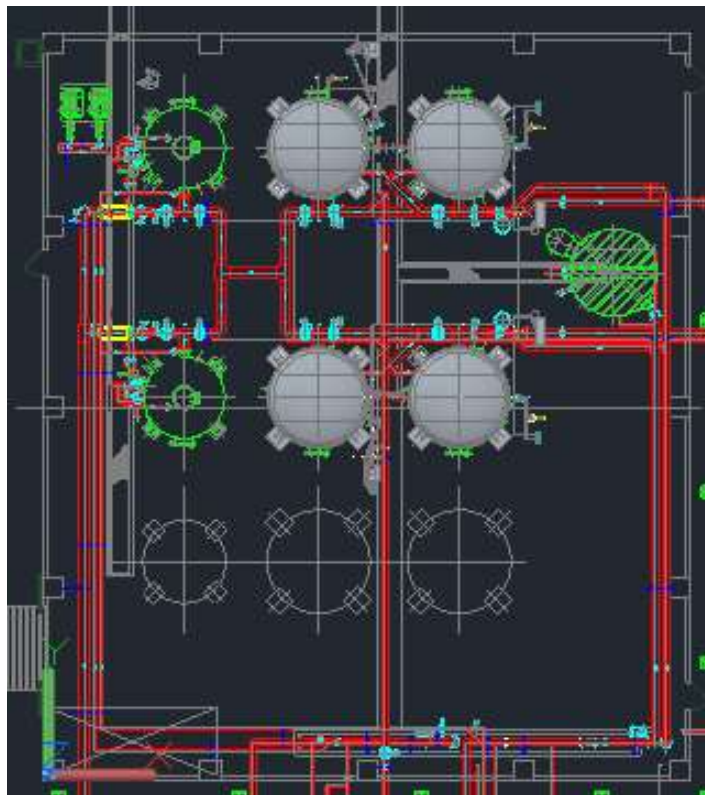


Figura: 3-1: Vista planta del recinto con origen de coordenadas. El plano de layout se implantó en el proyecto a nivel de piso para referenciar las implantaciones [12].

3.b. Tanque Cati3n Sur

3.b.1. Bajada

- Se realiz3 la bajada en sentido -Y (sur) a 45°, de modo que el posterior eje de bajada vertical se encontrara a 1200 mm respecto de la posici3n en planta de la v3lvula. Esta distancia de 1200 mm fue una medida prudente que dej3 un espacio suficiente para la operaci3n de la v3lvula de vaciado inferior del tanque.

- La bajada continuó verticalmente hasta una distancia de 800 mm respecto al suelo, donde se realizó un quiebre con la colocación de una válvula manual y un adaptador Camlock¹⁹.

El resultado obtenido puede apreciarse mediante la figura 3-2.

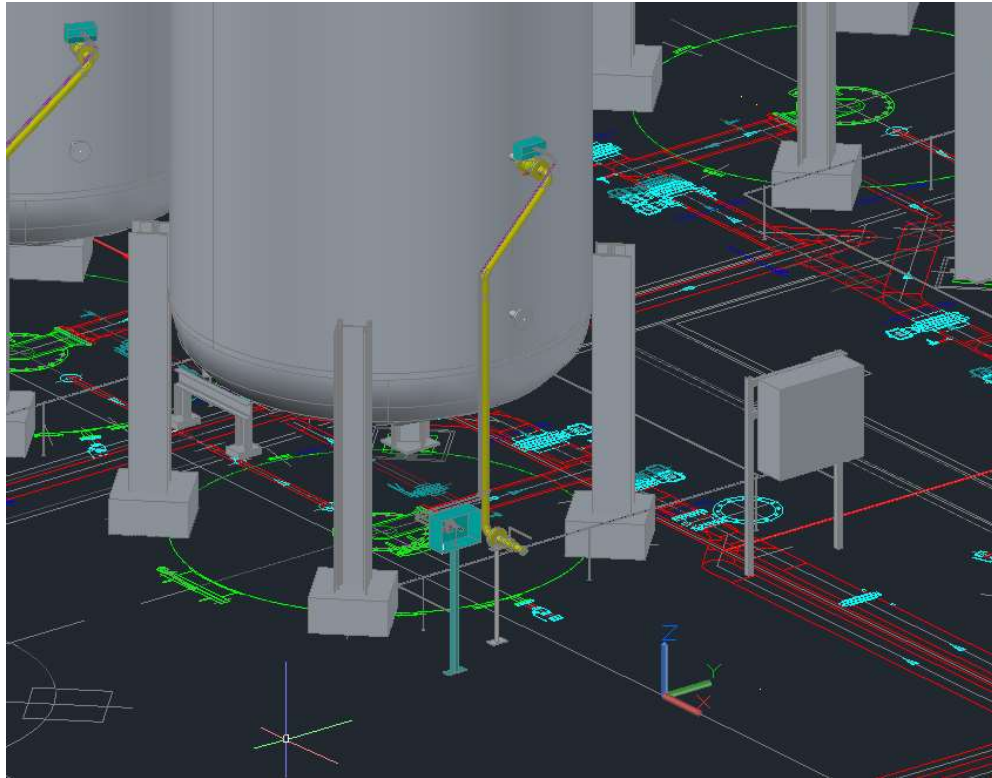


Figura 3-2: Vista general del modelo 3D de la bajada de tanque Cati3n Sur, con gabinete y red de aire comprimido [12].

3.b.2. Gabinete

- Se coloc3 el gabinete de comando al lado de la bajada en el lado libre, dejando una luz aproximada de 300 mm en direcci3n Y, de manera que el punto m3s al este del gabinete quedara con la misma cota que el punto m3s al este de la bajada y con el comando neum3tico a aproximadamente 1100 mm respecto del suelo. Su ubicaci3n se aprecia en la figura 3-3.

¹⁹ Se represent3 el adaptador con un tap3n soldado debido a que la l3nea Camlock no se encontr3 en el cat3logo est3ndar de Plant. Posteriormente, se reemplaz3 el dibujo en los planos de vista DWG y se debi3 reemplazar manualmente la especificaci3n en el plano isom3trico.

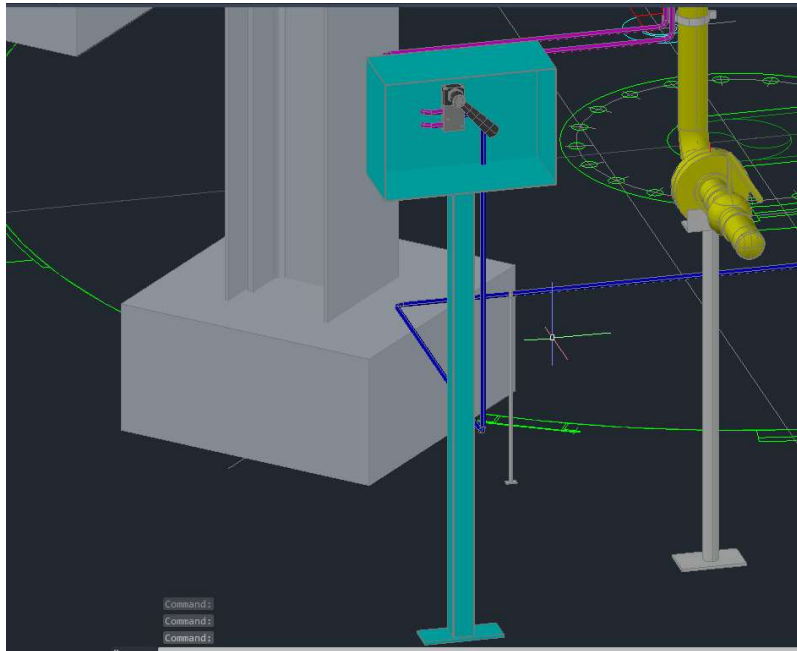


Figura.3-3: Detalle de gabinete simple. [12].

3.b.3. Caños de aire comprimido

- La bajada de inoxidable de 2" se utilizó como soporte para las tuberías de comando de aire comprimido que debían alimentar al actuador, por lo cual los trayectos de las tuberías quedaron en términos generales replicados con respecto a la bajada. Las acometidas a los actuadores se realizan de manera artesanal, conectando los trayectos alabeados con dos quiebres (y codos) a 90° cada uno, tal como se aprecia en la figura 3-4.
- La tubería de suministro de aire se conectó entre el gabinete y la fuente de alimentación, aproximándose a los tanques en dirección oeste tanto como fuera posible, pero evitando pasar por debajo de los tanques. Se implantó a un nivel que no interfiriera con otros tendidos. Se estableció un punto de unión con tendido existente suministro en una ubicación posterior al regulador de caudal del mismo.

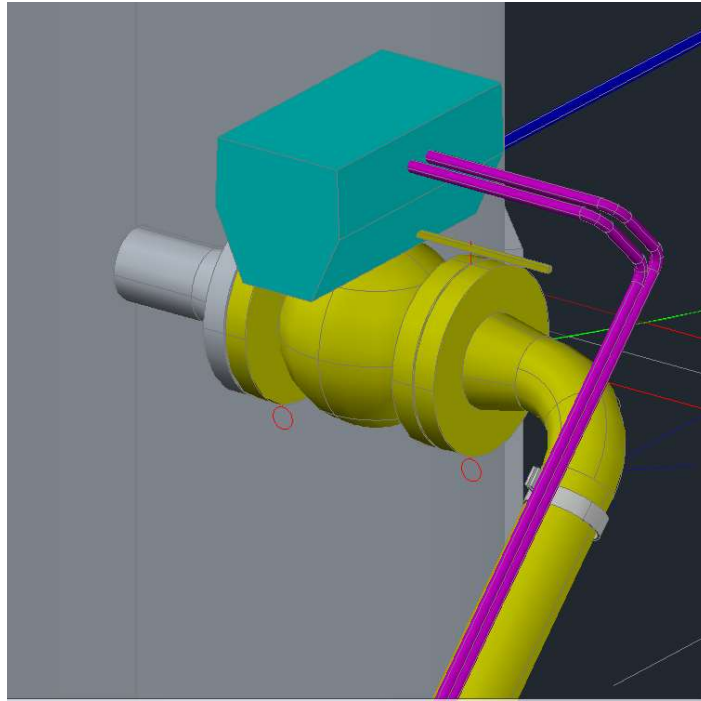


Figura 3-4: Detalle de acometida a actuadores [12].

3.c. Tanque Cati3n Norte

Debido a las condiciones de simetría respecto al tanque sur, se realiz3 un espejado del diseo, ajustando 3nicamente partes del trayecto de suministro. El resultado del espejado se puede observar en la panor3mica de la figura 3-5.



Figura 3-5: Vista de la disposición simétrica de bajadas de tanques de Catién [12].

3.d. Tanque Anión Sur

3.d.1. Bajadas

- Se realizaron las dos bajadas en sentido $-Y$ (sur) a 45° , de modo que el eje vertical posterior de la bajada más externa con respecto al tanque, que corresponde a la válvula de vaciado del módulo superior, se encontrara a 200mm en dirección X con respecto a una columna. Esta columna tenía el potencial de generar interferencias para el trazado posterior de las redes de aire hacia las válvulas. Además, el eje vertical de la bajada interna estaba alejado a otros 300mm en sentido Y . A medida que se extendió el tramo diagonal de 45° , se ganó una diferencia de cota con respecto a la dirección X con el soporte. Es importante tener en cuenta que la posición de la válvula en planta estaba rotada $22,5^\circ$ en sentido horario respecto de los ejes ortogonales, lo que provocó que un posicionamiento de los ejes verticales de las bajadas no quedara a la misma cota con respecto a la dirección X .
- La bajada continuó verticalmente hasta estar a una distancia de 800mm respecto al suelo, donde se produjo un quiebre horizontal con la colocación de la válvula manual y el adaptador Camlock. En este caso, el quiebre se propuso en el sentido opuesto a X , pero fue rechazado por el cliente y cambiado al sentido X .

Una Vista completa del modelado para tanque anión sur se aprecia en la figura 3-6.

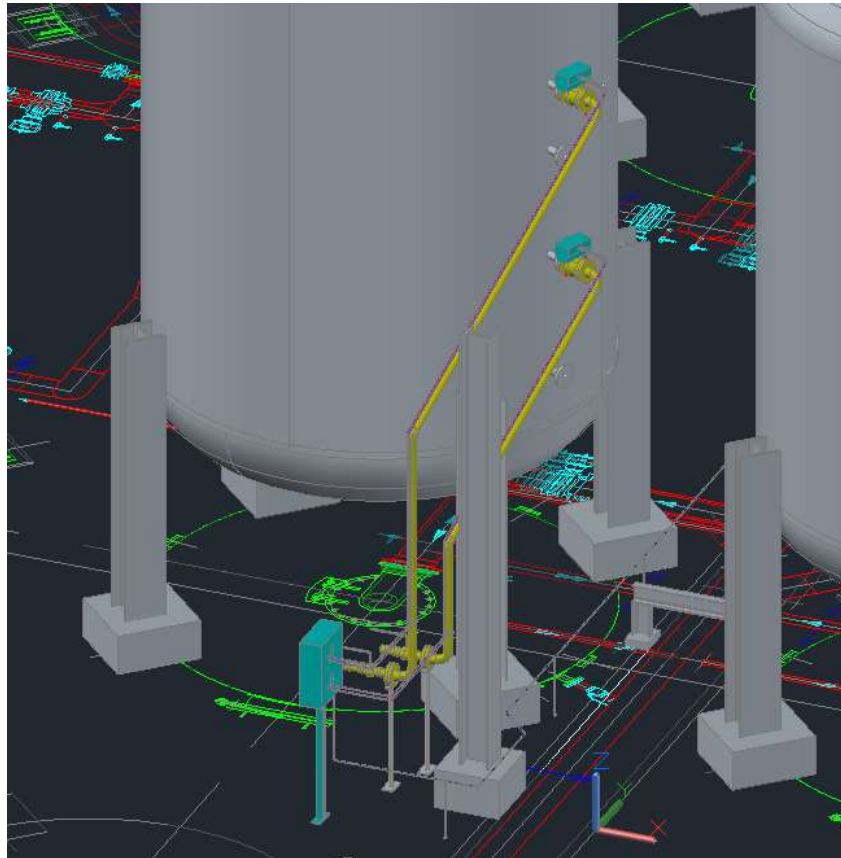


Figura 3-6: Bajadas de catión sur [12].

3.d.2. Gabinete

- Del mismo modo que para el catión, se colocó el gabinete de comando al lado de la bajada en el lado libre, dejando una distancia aproximada de 300mm en dirección Y, de manera que el punto más al este del gabinete quedara a la misma cota que el punto más al este de la bajada. Dado que se contaba con 2 comandos neumáticos, se separaron entre sí, ubicándolos a 1000mm y 1200mm respectivamente desde el suelo. Su implantación se ve reflejada en la figura 3-7.

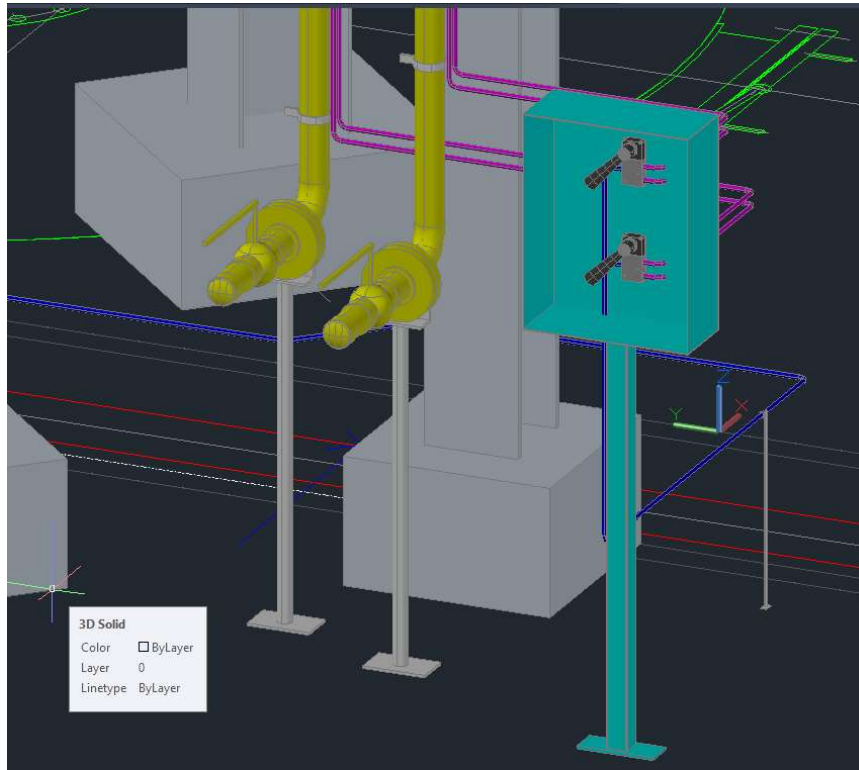


Figura 3-7: Detalle del gabinete doble y puntos de toma en las bajadas. En magenta se representaron conductos de comando, y en azul el conducto e suministro [12].

3.d.3. Caños de aire comprimido

- Se utilizó cada una de las bajadas de inoxidable de 2" como soportes para los conductos de comando de aire comprimido que deben alimentar a los actuadores, por lo cual los trayectos de las cañerías resultaron replicados respecto a las bajadas.
- Se utilizó una única tubería de suministro de aire que conecta el gabinete con la fuente de alimentación. Desde un punto aguas abajo de la conexión del catión sur, la tubería se bifurcó al mismo nivel que ese tendido y continuó en sentido -X hasta el espacio entre tanques, donde cambió de dirección hacia -Y (ver figura 3-8). Para esquivar la columna de interferencia, se realizó un quiebre y contraquiebre y un giro posterior en sentido -X en dirección al gabinete. Luego, acometió al gabinete, donde se bifurcó nuevamente para alimentar a las dos válvulas de comando.

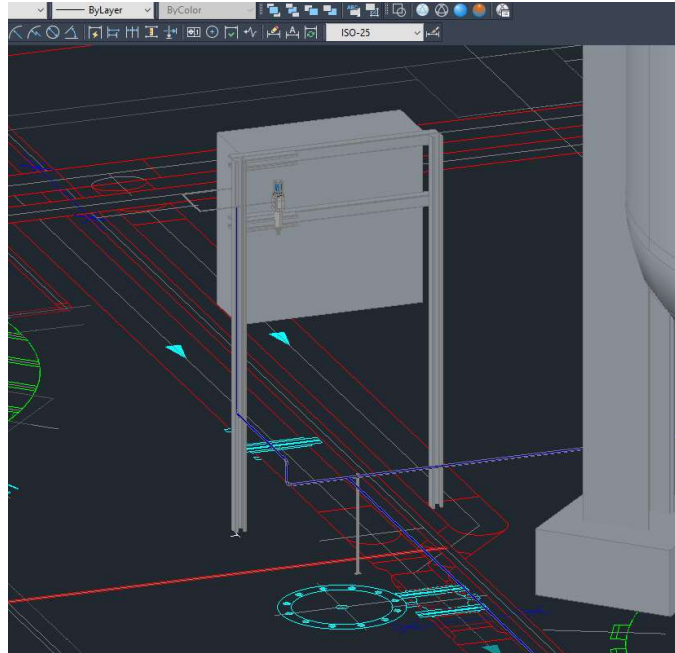


Figura 3-8: Toma de punto de suministro de aire comprimido y derivación a par catión-anión sur [12].

3.e. Tanque Anión Norte

No están dadas las condiciones de simetría:

- No están presentes las condiciones de simetría en la configuración actual. El soporte, similar al que generaba potencial interferencia para el caso sur, se encuentra ahora más alejado del tanque y muy próximo a la pared del recinto.
- la condición límite viene impuesta en este caso por el escaso espacio de paso peatonal que debe dejarse entre la nueva bajada y la pared.

3.e.1. Bajadas

- Se realizó una bajada inicialmente similar al caso sur. Sin embargo, en esta ocasión, el eje del tramo vertical de la bajada se encontraba a una distancia de 250 mm del filo del tanque. Esta disposición permitió un espacio de 900 mm entre el eje del caño y el fuste del soporte. En términos de espacio libre, restando el radio de la brida, se estimó que lo mínimo que debía quedar de paso era de aproximadamente 700 mm. Este valor se encontró dentro del rango mínimo aceptable que debía quedar libre para garantizar un acceso adecuado y seguro para el mantenimiento del sistema.

- La bajada más alejada recibió un nuevo quiebre a 90° en planta en sentido -X. Con una separación de 600 mm entre ambos puntos, se llevó a cabo el quiebre vertical.

El resultado se refleja en la figura 3-9.

3.e.2. Gabinete

- En este caso, el gabinete de comando se colocó detrás de la columna para minimizar su interferencia con el paso, tal como se aprecia en la figura 3-9. Se mantuvieron las mismas posiciones relativas de los comandos con el objetivo de lograr un gabinete de dimensiones similares al caso sur.

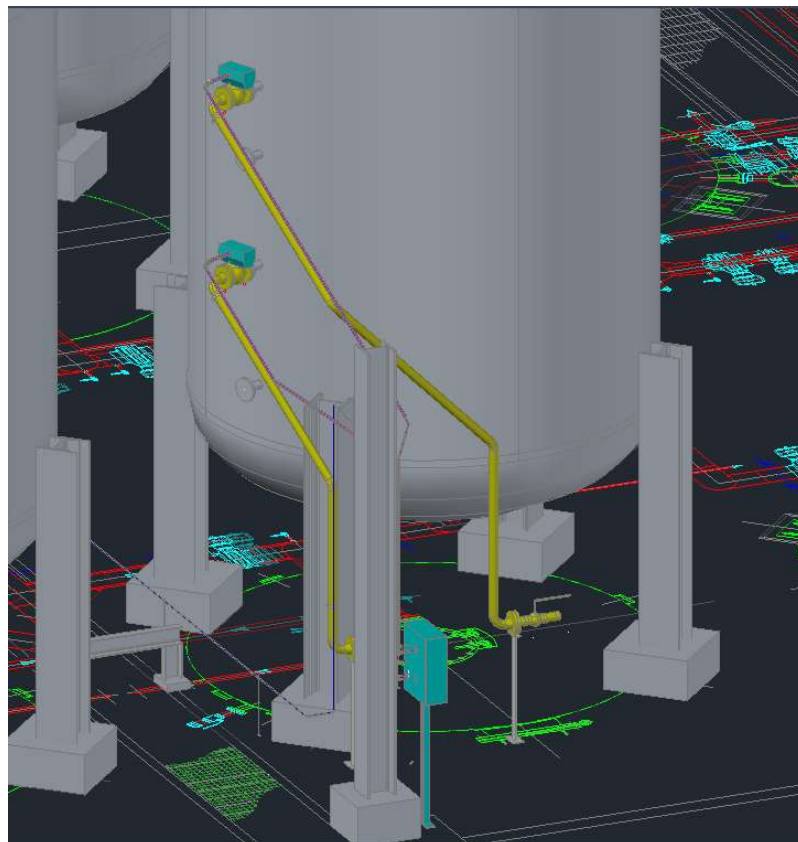


Figura 3-9: Vista bajadas y gabinete anión norte [12].

3.e.3. Caños de aire comprimido

- Las cinco líneas de aire comprimido, una de suministro y cuatro de comando, fueron proyectadas de manera diferente para evitar interferencias con el paso. Se utilizó la columna existente como soporte para las cinco líneas, las cuales acometieron verticalmente al gabinete.

- La línea de suministro fue diseñada para generar un paso horizontal a 2500 mm respecto del suelo, evitando así interferencias con el paso. Luego, desciende utilizando el caño de acero inoxidable más cercano como soporte para la bajada, retomando su trayecto de manera similar al caso sur hasta la bifurcación con catión.
- Por otro lado, las dos parejas de líneas de comando se empalmaron con los trayectos diagonales, generando ángulos particulares en estas curvas. Posteriormente, continúan sus acometidas hacia sus respectivos actuadores.

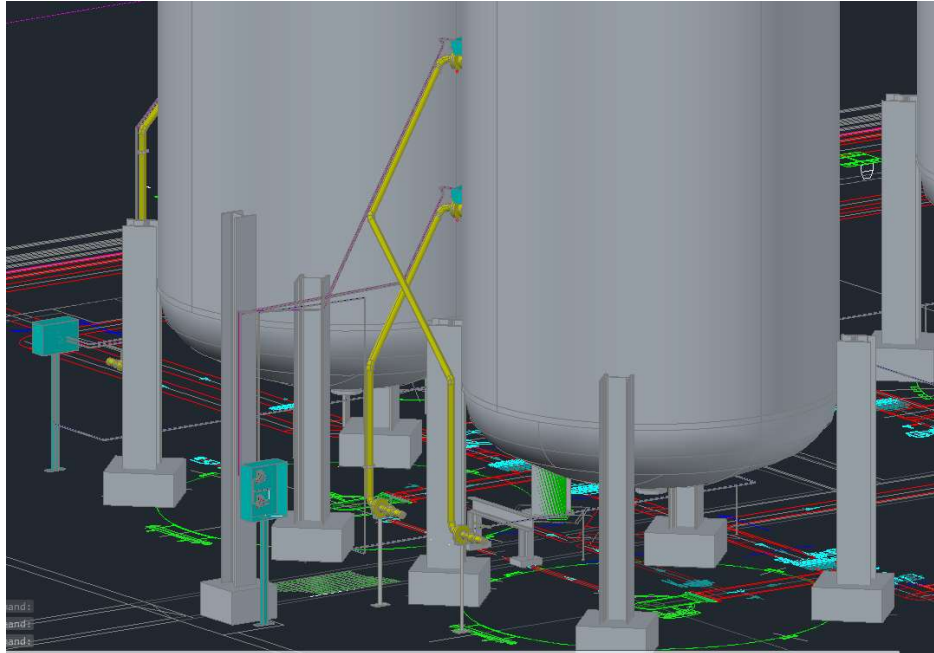


Figura 3-10: Pases en arco para el paso entre tanque anión norte y pared de recinto (representada en líneas en plano de referencia) [12].

4. Cálculos y selección de componentes

A partir de los datos obtenidos en la recopilación y las cotas geométricas, al menos en términos generales hasta obtener la aprobación del preliminar, fue posible avanzar con la selección de componentes y definir todas las características necesarias. Estas características se plasmaron en un pliego de especificaciones técnicas que se entregó como parte de la documentación.

Algunas de esas selecciones se realizaron de forma directa, mientras que otras debieron ser realizadas mediante cálculos. Los resultados de dichos cálculos quedaron reflejados en el pliego de especificaciones técnicas. En caso de que el cliente lo requiera, también deben generarse tantas memorias de cálculos como sean necesarias.

4.a. Selección de cañerías

Para las cañerías se seleccionaron el material, el tipo de unión y el diámetro. La longitud de los caños y la cantidad de accesorios se determinaron posteriormente con la generación de isométricos, y estos quedaron plasmados en el listado de materiales.

4.a.1. Bajadas para resina

- Caños: Se seleccionan de 2" de diámetro tal como las bridas de vaciado. Especificadas en el pliego:

"Dimensión: 2" nominal ASME B36.19

Schedule: 40S

Material: ASTM A312 TP316L Sin costura"

En función de la cañería especificada y utilizando el anexo de especificaciones de clases de CVO (cuyo contenido, al pertenecer a terceros, no se reproducirá en este documento), Projecting S.A. ha realizado la siguiente selección de accesorios:

Dimensión: 2" nominal ASME B16.9

Schedule: 40S

Material: ASTM A403 WP316L Sin costura

4.a.2. Para aire comprimido

Del mismo modo que para las bajadas, para la selección de líneas de aire comprimido se realizó la siguiente selección de elementos tanto para cañería como para accesorios:

- **Cañerías:**

Material: ASTM A312 TP304L

Schedule: 40S

Dimensiones: ASME B36.19

Sin costura

- **Accesorios:**

Material: ASTM A403 WP 304L

Schedule: 40S

Dimensiones: ASME B16.9

Sin costura

4.b. Cálculo de diámetro de cañerías de aire comprimido

Se seleccionó un mismo diámetro para unificar materiales. Para ello, se tomó en cuenta el tramo más largo del circuito, que corresponde al tanque de anión Norte, específicamente al actuador superior. La selección se realizó utilizando el nomograma representado en la figura siguiente.

- **Presión:**

- **Presión inicial: 7 bar**

- **Caída de presión:**

- Caída de presión máxima recomendada: 2% [9] → $\Delta p = 0,14 \text{ bar}$
- Longitud de línea más larga (considerando suministro más comando):
 - $L = 15,58m + 6,08m = 21,66m$ ²⁰
- Longitud equivalente de accesorios (ver tabla 4-1):

²⁰ Medida directamente desde el modelo 3D para la línea la Anión Norte, actuador superior.

- $\sum L_e = 10.7m$
- Longitud total:
 - $L_T = L + \sum L_e = 21.66m + 10.7m = 32.36m$ ²¹
- Caída disponible cada 10 metros:²²
 - $\Delta p_i = \frac{\Delta p \cdot 10m}{L_T} = \frac{0.14bar \cdot 10m}{32.36m} = 0.043bar$

Tabla 4-1: Longitud equivalente L_e para el tramo más largo previsto.²³

Tramo	Ø previsto	Codos		Tés		Válvulas		Total
		Cant.	L_e	Cant.	L_e	Cant.	L_e	
Suministro	3/8"	12	0,15m	3	1,4m	1	3.8m	9.8m
Comando	3/8"	6	0,15m	0	1,4m	0	0	0.9m
$\Sigma L_e =$								10.7m

- Caudal:
 - Tiempo: 0.5s ²⁴
 - Capacidad: 660cm³ [7]
 - Simultaneidad: 1 accionamiento por vez → coef. Simultaneidad $x = 0$
 - Simultaneidad prevista a futuro: $x_f = 0.5$ ²⁵
 - Caudal necesario por el actuador:
 - $Q_i = \frac{Vol}{t} = \frac{660cm^3}{0.5s} = 1.320 \frac{cm^3}{s} = 79,2 \frac{l}{min}$
 - $Q_T = \frac{Q_i}{(1-x) \cdot (1-x_f)} = \frac{79,2 \frac{l}{min}}{0.5} = 158,4 \frac{l}{min}$

²¹ Deducida a partir de la ecuación (1.6)²² El nomograma a utilizar expresa la caída de presión cada 10 metros de longitud equivalente²³ Las longitudes equivalente de cada accesorio se obtuvieron según el diagrama de representado en la figura 1-22.²⁴ Sugerido en hoja de datos de actuador [7].²⁵ Estipulado por diseño

A partir de las variables de caudal, presión de entrada y caída de presión, se determinó el diámetro de la cañería correspondiente. Se debe seleccionar el diámetro nominal superior más próximo.

Dimensión seleccionada: **Ø 3/8" nominal.**

4.c. Selección de válvulas y actuadores

Para la selección de válvulas y actuadores, se mencionaron directamente la marca y el modelo, tal como fue solicitado en el pliego de especificaciones.

4.c.1. Válvula esférica neumática

Por un lado, se especificaron válvulas bridadas tanto manuales como neumáticas. Pero, además, se ejemplificó con una válvula de enchufe. Nuestra propuesta al respecto fue conservar la válvula bridada en el niple al inicio de la bajada y colocar una válvula manual de enchufe con dos bridas para permitir el desmontaje y mantenimiento.

Recordamos que la especificación solicitada fue la siguiente:

“Tipo: Esféricas

Tamaño: 2”

Clase: PN10

Cara: RF

Estado: Normal cerrada

Mando: Neumático simple efecto (cantidad 4) con accionamiento manual local

Mando: Manual (cantidad 2)

Cuerpo: ASTM A182 F316, Esfera: ASTM A182 F316, Asientos: PTFE.”

La válvula esférica neumática seleccionada fue: **Marca y modelo GENE BRE 2528A 2”.**

4.c.2. Actuador

En la especificación técnica se menciona el siguiente modelo:

“Modelo: 6 F05-flat14”

Antes de confirmar el modelo de actuador, se debe analizar la compatibilidad del conjunto válvula-actuador en los siguientes aspectos:

- Compatibilidad en la unión del vástago: Es esencial asegurarse de que el vástago del actuador y el de la válvula encajen perfectamente para garantizar una operación eficiente y segura.
- Torque requerido por la válvula: El actuador debe ser capaz de proporcionar el torque necesario para operar la válvula.
- Compatibilidad de la unión de vástago

En la tabla 4-2 se observa, dentro de las dimensiones principales de la válvula, una casilla donde se menciona la norma ISO 5211. Esta norma determina los parámetros principales para la unión válvula-actuador y menciona lo siguiente:

“El estándar internacional ISO5211 define las bridas de unión entre el actuador de la válvula y el accionamiento. Aparte de las dimensiones de la brida, el estándar también define la conexión de eje con el husillo del actuador de la válvula y especifica fuerza y pares permisibles que pueden transmitirse a través de los componentes de la unión” [13]

Tabla 4-2: Dimensiones de válvulas bridadas modelo 2528A de Genebre [4].

Ref.	Medida / Size	CLASE / CLASS	Dimensiones / Dimensions (mm)						Peso/ Weight (Kg)
			A	H	L	M	C x C	ISO 5211	
2528A 04	1/2"	150	89	85	108	170	9 x 9	F04	1,500
2528A 05	3/4"	150	98,6	85	117	170	9 x 9	F04/F05	2,150
2528A 06	1"	150	108	95	127	170	11 x 11	F04/F05	2,870
2528A 07	1 1/4"	150	117	106	140	200	14 x 14	F05/F07	3,950
2528A 08	1 1/2"	150	127	110	165	200	14 x 14	F05/F07	5,800
2528A 09	2"	150	152,5	118	178	200	14 x 14	F05/F07	8,400
2528A 10	2 1/2"	150	177,8	170	190	380	17 x 17	F07/F10	13,500
2528A 11	3"	150	190,5	170	203	380	17 x 17	F07/F10	17,800
2528A 12	4"	150	228,6	170	229	380	17 x 17	F07/F10	30,500
2528A 14	6"	150	279,4	225	394	620	27 x 27	F10/F12	56,000
2528A 16	8"	150	342,9	340	457	800*	27 x 27	F12/F14	127,000

* puede usarse también en forma de T / can be used as T handle as well

Desde el punto de vista del actuador, contamos con la siguiente tabla en su hoja de especificaciones generales. En esta tabla, denominada tabla 4-3, se muestra que el actuador tipo 6, que nos incumbe, admite la unión F05 de placa de montaje:

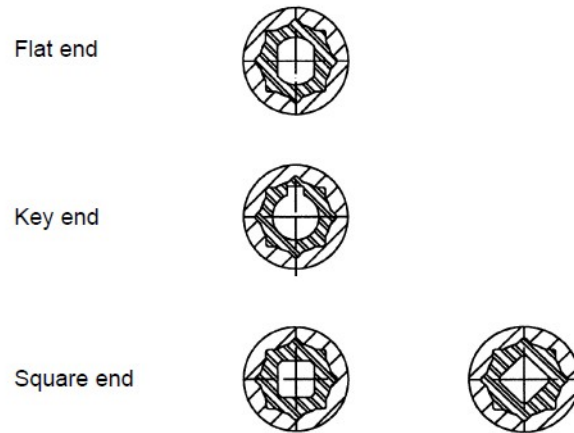
Tabla 4-3: Características generales de los actuadores ACTAIR [7].**Production range**

ACTAIR Type	ISO 5211 Mounting plate*	Maximum allowable dimensions for the shaft			
		Height	Driving by square	Driving by flat	Driving by key
1.5	F04	24	11	11	12
3	F04* (45°) – F05	24	11	11	12
6	F05 – F07	30	16	14	14
12	F05 – F07	32	19	17	18
25	F07 – F10	40	22	22	22
50	F10 – F12	45	27	27	28
100	F10 – F12	55	36	36	42
200	F14	65	50	46	50
400	F16	80	60	55	72
800	F16 – F25	95	70	75	80

* Direct adaptation onto identical mounting plate.

Adaptation by intermediate flange onto different plate (different size or shape).

En la tabla se presentan diversas configuraciones de los mangos del vástago, indicando los valores máximos permitidos. Estos mangos cuentan con insertos intercambiables, lo que permite elegir distintas configuraciones en función del manguito del vástago de la válvula, y se detallan en la figura 4-4.

**Figura 4-4:** Piñón con accionamiento en estrella que permite el montaje del inserto a intervalos de 45° [7].

En el caso del mango de vástago de la válvula seleccionada, la configuración la apreciamos en la siguiente figura 4-5:

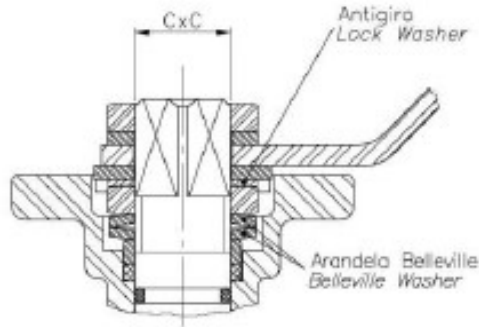


Figura 4-5: Detalle de la zona de eje de la válvula 2528^a [4].

Por lo tanto, la configuración a elegir en este caso no es el inserto tipo *flat end*, sino el tipo *square end diagonal*.

▪ Torque requerido

Se compararon los valores obtenidos del torque mínimo generado por el actuador y el torque máximo requerido según las hojas de datos del actuador y la válvula, respectivamente (tablas 4-6 y 4-7 respectivamente).

Tabla 4-6: Momento de salida en función de presión de entrada de actuadores ACTAIR [7].

ACTAIR Type	Maximum allowable output torque (Nm)	Control fluid pressure in bar															
		3			4			5			6			8			
Rack and pinion kinematics																	
1.5	20	9			12			15			18			20			
3	55	25			33			40			50			55			
6	105	48			64			80			96			105			
12	170	89			115			140			155			170			
25	385	178			237			290			350			385			
50	640	357			475			520			580			640			
Scotch-yoke kinematics																	
100	1320	0°	45°	90°	0°	45°	90°	0°	45°	90°	0°	45°	90°	0°	45°	90°	
200	2640	600	360	600	800	480	800	1000	600	1000	1200	720	1200	1320	792	1320	
		1200	720	1200	1600	960	1600	2000	1200	2000	2400	1440	2400	2640	1584	2640	
Yoke AMRI patented kinematics																	
400	4400	0°	30°	60°	90°	0°	30°	60°	90°	0°	30°	60°	90°	0°	30°	60°	90°
800	8800	2700	2970	2700	1350	3200	3520	3200	1600	4000	4400	4000	2000	4400	4840	4400	2200
		5160	5676	5160	2580	6800	7480	6800	3400	8600	9460	8600	4300	8800	9680	8800	4400

Control fluid supply

Air or any neutral gas, filtered, dry or lubricated at pressure of 3 to 8 bar.

Según la 4-6, el torque generado por nuestro actuador a una presión de trabajo de aproximadamente 7 bar se encuentra en un rango de entre 96 Nm y 105 Nm. En contraste, el torque máximo requerido por la válvula es de 30 Nm según la tabla 4-7. Además, es

interesante notar que el actuador funciona en todo el rango de presiones disponible, generando un mínimo de 48 Nm de torsión a una presión mínima de 3 bar.

Tabla 4-7: torque de accionamiento de la válvula en función de su tamaño [4].

MEDIDA	Torque accionamiento Nm
1/2"	4 – 5
3/4"	7 – 8
1"	9 – 10
1 1/4"	12 – 14
1 1/2"	18 – 20
2"	28 – 30
2 1/2"	34 – 36
3"	58 – 60
4"	90 – 95
5"	130 – 150
6"	190 – 210
8"	380 – 410

En conclusión, el actuador cumplió con los requisitos de compatibilidad respecto a la válvula, y quedó especificado de la siguiente manera:

Modelo: Actair 6 F05-square14 (diagonal)

4.c.3. Válvula esférica manual

Como mencionamos anteriormente, en el pliego se ejemplificó la selección de válvulas con una válvula de enchufe. Esta correspondió a la válvula manual seleccionada, la cual es la siguiente:

Marca y modelo: Genebre 2025 2".

4.c.4. Válvula direccional

Al no haber ninguna condición específica sobre la válvula direccional a utilizar, más allá de que el actuador trabaja con doble efecto y el accionamiento debe ser manual, hemos optado por seleccionar directamente del catálogo de Festo. Dentro de su amplia gama de productos, nos centramos en la selección de válvulas distribuidoras con accionamiento manual o mecánico.

Se ha decidido que la válvula debe montarse en el fondo del gabinete, con un accionamiento frontal. Este puede ser tanto una palanca como un pulsador o perilla. Por preferencia, se ha elegido una válvula del tipo palanca, principalmente por su claridad visual al determinar la posición de apertura o cierre de la válvula.

Desde el punto de vista de la funcionalidad, se ha considerado únicamente dos posiciones. Se selecciona un tipo biestable por razones de seguridad del proceso, lo que significa que la válvula no cuenta con un muelle mecánico, y con enclavamiento. Esto implica que, en caso de interrupción del suministro de aire, la válvula permanece en la posición que tenía en el momento del corte de suministro. Aunque hubiera sido válido considerar una posición normal cerrada para evitar el vaciado accidental del tanque, se optó por la opción más conservadora en cuanto al respeto por el comando empleado.

En el anexo A-4 se detalla la selección realizada en el catálogo, especificando la marca y modelo de la siguiente manera:

Válvula de distribución: Válvula de palanca manual, lateral, de accionamiento manual
FESTO VHEF-HS-B52-G14

4.c.5. Conexión de elementos de aire comprimido

▪ Conexión a actuadores

Los actuadores disponen la conexión G1/4 tal como se ve en la figura 4-8. Por lo cual se han requerido de adaptadores de G1/4 macho a 3/8 NPT hembra.

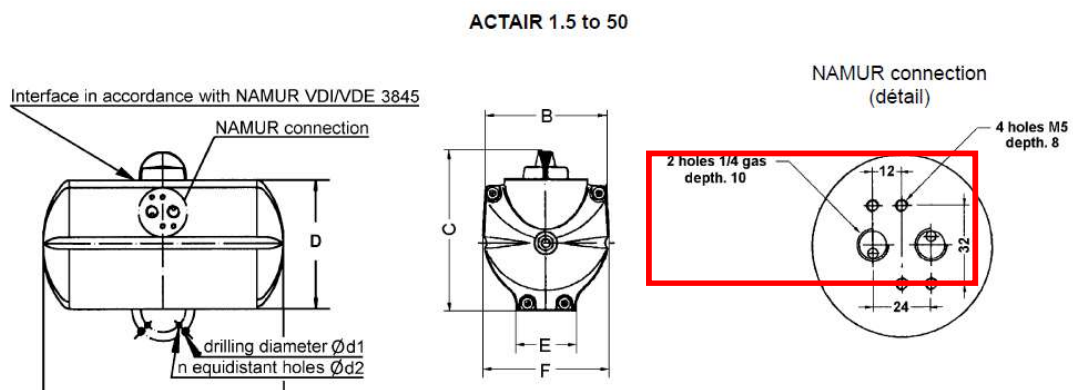


Figura 4-8: Conexiones neumáticas del actuador ACTAIR [7].

▪ Conexión de válvulas direccionales a gabinete

Se sujetaron a la chapa trasera del gabinete mediante perforaciones de chapa con tornillos M4 tal cual es solicitado por la hoja de datos de la válvula, figura 4-9.

Hoja de datos: válvula de palanca manual, lateral

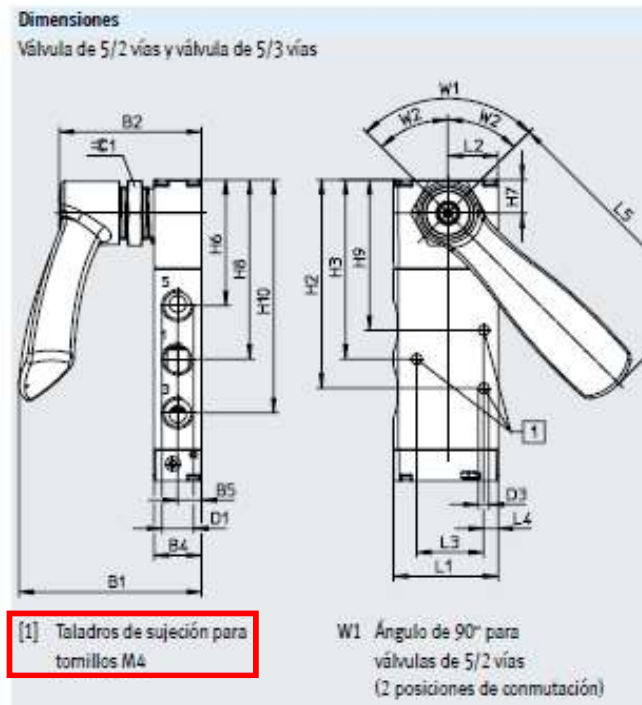


Figura 4-9: Sujeción de las válvulas direccionales seleccionadas [14]

- Conexiones de gabinete

Se ha considerado un diseño de gabinete que incluya una conexión flexible en su tramo interior para facilitar el montaje. Para cada válvula direccional, se proporcionarán 3 conexiones: 2 de comando y 1 de suministro.

- Conexión de aire comprimido al gabinete

Se ha diseñado con un conector NPT-OD de 3/8" que se montará sobre las chapas del gabinete. Desde este conector, una manguera OD de 3/8" conectará el otro extremo a un nuevo conector OD de 3/8" a G1/4, el cual estará conectado a la válvula direccional.

5. Corrección de modelado y diseño de elementos secundarios

En el siguiente capítulo se abordan los temas que dieron cierre al diseño del proyecto. El modelo preliminar fue enviado y aprobado en términos generales, aunque se recibieron comentarios y observaciones que requerían corrección y ajuste. No obstante, ya fue posible afinar los detalles para empezar a cerrar aspectos específicos y generar la documentación requerida.

Se corrigió el modelado hasta obtener la versión definitiva, atendiendo las observaciones recibidas. Además, se puso a punto todo lo necesario para la generación de documentos. Se finalizaron el modelado de todas las redes de cañerías, incluyendo la selección de propiedades de las mismas y otros aspectos relevantes que se mencionarán en el siguiente capítulo.

También se realizó el diseño de elementos secundarios, desde principio a fin, incluyendo gabinetes de comando y diversos soportes. Para estos elementos fue preferible esperar la aprobación del modelo preliminar para evitar trabajo adicional sobre cuestiones que podrían requerir correcciones.

Por último, se generó toda la documentación conforme a las normas de dibujo, la cual incluyó planimetría, planos de detalles, isométricos, listados y pliegos de especificaciones técnicas, todo preparado para la posterior entrega y finalización del proyecto.

5.a. Comentarios acerca del modelado preliminar

- Prefirieron que las válvulas de anión apunten hacia el tanque de resinas, por lo que se giraron 180°.
- Las válvulas del tanque de anión norte estaban alineadas y prefirieron una separación en planta. Se adoptó una separación de 300 mm.
- No se observaron inconvenientes en las demás observaciones.

Los comentarios se observan en la figura 5-1.

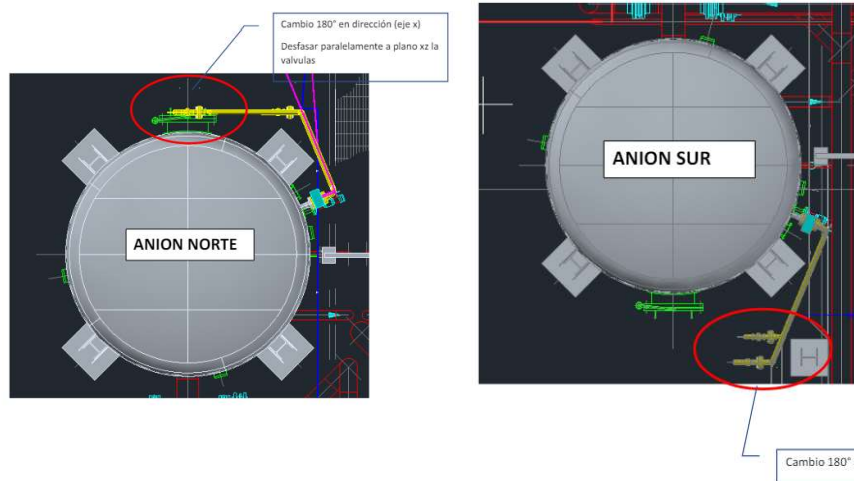


Figura 5-1. Imagen con los comentarios realizados para la corrección del modelado.

5.b. Diseño de Gabinete

Para el diseño del gabinete se emplearon los archivos DWG proporcionados por Festo. El producto ya estaba seleccionado, por lo que se descargaron los archivos y se integraron en el diseño CAD. Estos diseños se utilizaron tanto para el gabinete del tanque de catión, que cuenta con un solo comando, como para el gabinete del tanque de anión, que tiene dos comandos.

A continuación, se mencionan algunos que se tuvieron en cuenta:

5.b.1. Gabinete para catión

- Se consideró una separación de 7 cm libres desde las paredes del nicho hasta cada uno de los lados, incluyendo la palanca en sus dos posiciones posibles.
- Se redondearon los valores al centímetro, debido a que no se requiere mayor precisión.
- Se dio la libertad de utilizar cualquier nicho de chapa prefabricado para los gabinetes, siempre y cuando contenga una tapa frontal (por motivos de seguridad) y respete las medidas mínimas expuestas en el punto anterior.
- Para asegurar una fácil operatividad, la palanca se ubica a una altura de 1100 mm. Al dejar el nicho sin especificar, se acotó directamente la altura de la válvula al piso.

- Se optó por utilizar un tubo cuadrado de 50x50x2,5 mm como soporte debido a su simplicidad y a la baja carga que el gabinete requiere desde el punto de vista estructural.
- La base se construyó utilizando 4 varillas roscadas de 100 mm, ancladas a una profundidad de 60 mm siguiendo la recomendación del departamento de ingeniería civil. Para garantizar comodidad, se separaron las ubicaciones de cada varilla 40 mm en ambas direcciones. Esta disposición de 4 varillas proporciona resistencia al vuelco en ambas direcciones.

5.b.2. Gabinete para anión

- La principal diferencia radica en la presencia de dos comandos en lugar de uno. Para optimizar la configuración, se determinó que la disposición más adecuada es colocarlos uno sobre otro, con dimensiones más próximas en longitud que en ancho. Se establece una separación de 7 cm entre ambos, asegurando que el centro equidistante mantenga la altura óptima de operatividad de 1100 mm.

5.c. Diseño de soportes

La norma ASME B31.3²⁶ para tuberías de proceso establece que no es obligatorio considerar los esfuerzos internos para cañerías con diámetros menores a 3", como es el caso en cuestión. Por lo tanto, el diseño se limita al cálculo de las cargas vivas y el peso propio de las cañerías.

5.c.1. Soporte para 2"

Utilizamos una configuración en términos generales tipo *Stanchion*²⁷ descrita en la norma MSS-SP-69 [15].

- Se proporciona soporte de lado de la brida que permanece fija al desmontar la válvula para mantenimiento.
- Este soporte se encuentra cerca del tramo vertical del caño, lo que permite sostener la mayor parte de la carga.
- Se emplea un perfil UPN100 para facilitar la colocación de la abrazadera tipo *U-bolt* de manera cómoda. Para la columna, se opta por el mismo perfil UPN100 para

²⁶ Código ASME B31.3 para tuberías de proceso [18].

²⁷ *Stanchion*, tipo montante o puntal.

evitar variabilidad de materiales. La base se compone de dos varillas en lugar de cuatro para optimizar el uso de material.

5.c.2. Soporte para 3/8" vinculado a piso

Se utiliza un puntal de perfil LPN 2"x2"x1/4" con una unión tipo abrazadera *U-bolt* en el extremo superior y una placa con dos varillas para vincular con en el piso.

Aunque esta solución pueda considerarse menos conservadora desde el punto de vista técnico, se debe tener en cuenta que se trata de una línea de aire comprimido, lo que reduce la probabilidad de cargas accidentales significativas en comparación con otros sistemas.

Debido a las distintas alturas de caños respecto al piso se generaron distintos soportes típicos de similares configuraciones.

5.c.3. Soporte para 3/8" vinculado a bajada

Se elige una abrazadera de anillo partido con oreja, un componente estándar y fácilmente disponible en ferreterías, diseñado específicamente para este propósito. Solo es necesario asegurarse de que tenga la longitud adecuada para unir dos cañerías de aire comprimido.

5.c.4. Soporte para 3/8" para altura

Aprovechando la presencia de una columna de soporte con dimensiones generosas y considerando la carga mínima adicional, se emplea un dispositivo que consiste en un perfil UPN al cual se fijan unos U-bolts mediante tornillos. La soldadura utilizada es de tipo filete, siguiendo las especificaciones de la AWS5.1 [16].

5.d. Carga de datos para generar isométricos

A partir de las especificaciones técnicas particulares recomendadas por C.V.O. y sus tablas de derivaciones, así como otras estandarizaciones propias de la fábrica, se pueden determinar las especificaciones a utilizar en la herramienta de AutoCAD Plant 3D²⁸.

²⁸ La herramienta AutoCAD Plant 3D es extremadamente útil debido a sus especificaciones estándar, las cuales son ampliamente utilizadas en la industria para diversas normativas. Esto nos permite seleccionar una especificación que se asocia automáticamente al dibujo de las cañerías, válvulas y accesorios, proporcionando las dimensiones de cada elemento según la norma

En nuestro caso, hemos seleccionado dos especificaciones particulares:

- La primera especificación, que denominamos AI1, se utiliza para los caños de 2" de resina. Seleccionamos la especificación estándar de AutoCAD y la guardamos con el nombre AI1. Luego, verificamos que las especificaciones sean las adecuadas respecto a las especificaciones del cliente y realizamos ajustes si es necesario, como la inclusión de términos y dispositivos adicionales.
- Para el aire comprimido, hemos creado una norma llamada AI2. Seguimos el mismo procedimiento que para la norma AI1, seleccionando la especificación estándar de AutoCAD y realizando las adaptaciones necesarias para adecuarla a nuestras necesidades específicas.

Es crucial asegurarse de que cada caño, accesorio y válvula se corresponda en tamaño y especificación con los caños que les corresponden, para garantizar una generación automática precisa de los isométricos. De esta manera, se asegura la coherencia y la integridad del diseño en todas las etapas del proyecto.

Antes de la generación de los planos isométricos, el programa nos exige cumplir con una serie de condiciones:

- Asegurarnos de que estén en la especificación correcta.
- Garantizar la continuidad de la cañería.
- Cualquier discontinuidad puede provocar que los elementos se muestren de forma separada en los planos, lo que generaría una cantidad excesiva e impráctica de planos.
- Es útil asignar el punto de inicio del flujo.
- Se pueden agregar símbolos como cotas de inicio y fin, indicaciones de pases a través de muros o divisiones de recintos, pendientes, entre otros.

Algunos ajustes fueron requeridos posterior a la generación de los planos, como por ejemplo la especificación y el dibujo del adaptador Camlock.²⁹

correspondiente. Además, esta herramienta facilita la generación de planos isométricos utilizando los datos generados.

²⁹ Para el adaptador Camlock, al no contar con él disponible, se optó por asignar un tapón soldado. Posteriormente, luego de generar el isométrico en formato DWG, se realizaron los cambios manualmente tanto en el símbolo del isométrico como en la designación. Dado que se trata de un proyecto específico y solo se necesitaban modificar 6 dibujos, no fue necesario utilizar la opción del editor de especificaciones de Plant. Aunque esta opción estaba disponible, se consideró que el

5.e. Corrección de modelado

En resumen, los puntos principales mencionados son:

- Rotar 180° las tomas de anión y desalinear las tomas de anión norte.
- Todos los aspectos recientemente mencionados relacionados con la generación de isométricos.
- La esquematización de soportes y gabinetes, asegurándose de agregarlos de manera que respeten las distancias mínimas y la cantidad adecuada.

5.f. Documentación a generar

5.f.1. Planos

- Planta General – Anexo A-5
- Implantación Catión 1 (Norte) – Anexo A-5
- Implantación Catión 2 (Sur) – Anexo A-5
- Implantación Anión 1 (Norte) – Anexo A-5
- Implantación Anión 2 (Sur) – Anexo A-5
- Isométrico PI -01 (Bajada Catión 1) – Anexo A-6
- Isométrico PI -02 (Bajada Catión 2) – Anexo A-6
- Isométrico PI -03 (Bajada Anión 1 Superior) – Anexo A-6
- Isométrico PI -04 (Bajada Anión 1 Inferior) – Anexo A-6
- Isométrico PI -05 (Bajada Anión 2 Superior)- Anexo A-6
- Isométrico PI -06 (Bajada Anión 2 Inferior) – Anexo A-6
- Isométrico PI -07 (Suministro Norte) – Anexo A-6
- Isométrico PI -08 (Suministro Sur) – Anexo A-6
- Detalle Gabinete GA-01 (Simple) – Anexo A-7
- Detalle Gabinete GA-02 (Doble) – Anexo A-7
- Detalle Soportes – Anexo A-8

Nota importante: Los isométricos de las líneas de comando se omiten debido a que replican los trayectos de las bajadas y probablemente sufrirán ajustes en obra. Solo se definen sus medidas principales en los planos de implantación.

número de cambios era lo suficientemente bajo como para realizarlos manualmente en lugar de crear el dispositivo en el editor de especificaciones.

5.f.2. Otra documentación

- Modelado 3D
- Pliego de especificaciones técnicas
- Listado de Materiales
- Listado de Documento

6. Conclusiones y recomendaciones

6.a. Conclusiones

Como primera conclusión, se ha finalizado la generación de la documentación requerida y se ha entregado al cliente, quien la ha aprobado. Esto indica que, en cierto punto, se ha alcanzado el resultado deseado en primera instancia.

Más allá de cualquier interpretación subjetiva, en términos de cumplimiento de objetivos y propósitos, se entregó una ingeniería que permite eliminar el trabajo en altura en la manipulación de los tanques en cuestión, cumpliendo con los requisitos de los espacios de trabajo. Los espacios de trabajo fueron respetados según lo solicitado.

Se han aprovechado las ventajas de la neumática, que han permitido la operación remota, la transmisión controlada y segura de movimiento y fuerzas, todo de manera cómoda y eficiente.

En el desarrollo de este proyecto, se ha demostrado una significativa ventaja en la utilización de programas de diseño asistido por computadora (CAD) y Building Information Modeling (BIM). Estas herramientas no solo han facilitado el diseño y la documentación del sistema, sino que también han optimizado diversos aspectos del proceso de ingeniería. Esto se reflejó en una mayor precisión en el diseño, eficiencia y reducción de errores, gestión efectiva de cambios, mejores tiempos de ejecución y en la correcta especificación y cuantificación de elementos.

El empleo de normas facilitó la interacción entre el diseñador, el proveedor y el cliente, habiendo establecido un lenguaje común que garantizó ahorros significativos en tiempo y trabajo. A su vez, aseguró la compatibilidad y la calidad de los componentes seleccionados y también garantizó que los productos finales cumplieran con los estándares de la industria. Esto se reflejó en la selección de cañerías, accesorios y válvulas, así como en el cálculo de requisitos, incluso cuando se requirió el uso de adaptadores y conectores de diferentes normas.

6.b. Recomendaciones

Al abordar un proyecto de ingeniería, es crucial no limitarse a solicitar soluciones específicas, sino más bien pensar en los objetivos y propósitos generales. Esto permite tener una gama más amplia de soluciones disponibles. Tanto el cliente, que a menudo busca una solución predefinida y puede tener dificultades para considerar alternativas, como el ingeniero a cargo, que debe comprender completamente los aspectos del proyecto, objetivos, propósitos y restricciones, se benefician de este enfoque más holístico.

Es natural que al revisar un trabajo realizado hace algún tiempo se identifiquen áreas de mejora y oportunidades para aplicar nuevas ideas o enfoques. La automatización de procesos basada en experiencias previas es una estrategia válida para aumentar la eficiencia, pero siempre es importante mantener una mentalidad de mejora continua. Esto implica buscar constantemente formas de optimizar los procesos, incluso cuando los recursos, especialmente el tiempo, son limitados. La capacidad de generar capital para una empresa está estrechamente relacionada con la productividad y la capacidad de adaptarse y mejorar constantemente.

Por eso, el proceso de revisar proyectos pasados, identificar áreas de mejora y aprender de las experiencias previas es fundamental para el crecimiento y la evolución tanto a nivel individual como organizacional. Al analizar los puntos fuertes y débiles de los proyectos anteriores, se pueden extraer lecciones valiosas que ayudarán a mejorar la eficiencia, la calidad y la efectividad en futuros proyectos. Además, este proceso permite una mejor asignación de recursos si identificamos qué áreas clave pueden generar un impacto más significativo en los resultados y nos enfocamos primordialmente en ellas.

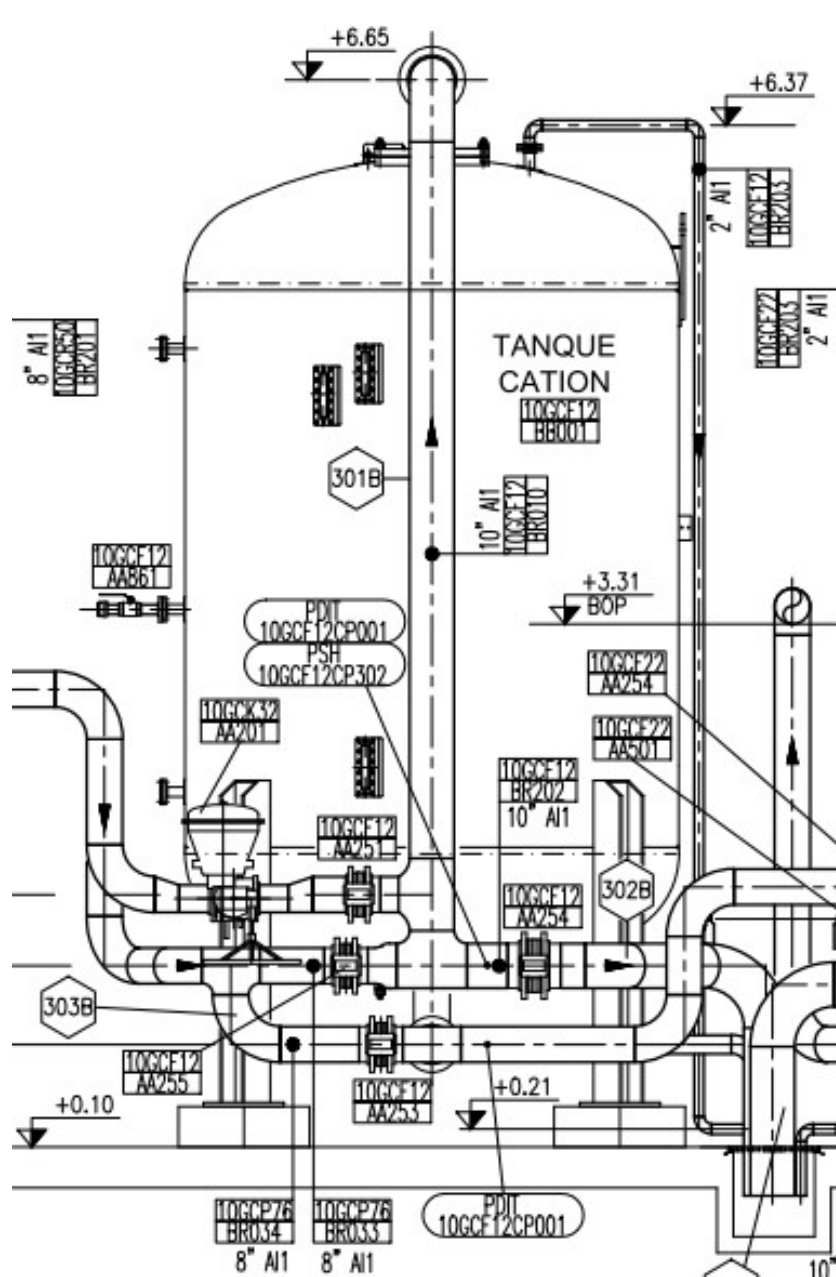
Bibliografía

- [1] R.W.Greene, Válvulas: selección, uso y mantenimiento, Buenos Aires: McGraw Hill - Interamericana, 1992.
- [2] Internacional de Válvulas y Actuadores, S.A.S. de C.V., «¿Qué es una válvula?,» 03 2012. [En línea]. Available: <https://valvulasonline.com/2021/03/que-es-una-valvula-2/>.
- [3] Worcester, «Anatomía de una válvula de bola: Conoce las características de este tipo de válvulas,» 07 10 2020. [En línea]. Available: <https://blog.worcester.com.mx/blog/anatom%C3%ADa-de-una-v%C3%A1lvula-de-bola>.
- [4] Genebre S.A., «ARTICULO: 2528A,» 03 05 2023. [En línea]. Available: <https://www.genebre.com.ar/valvula-esfera-con-bridas-2-piezas>.
- [5] F. Sears, M. Zemansky, H. Young y R. Freedman, Física Universitaria con Física Moderna, Ciudad de México: Pearson Educación de México S.A. de C.V., 2018.
- [6] G. Aragón González, A. Canales Palma y A. León Galicia, INTRODUCCIÓN A LA POTENCIA FLUIDA NEUMÁTICA E HIDRÁULICA PARA INGENIEROS, Ciudad de México: Editorial Reverté UAM, 2014.
- [7] KSB - AMRI, «Technical leaflet 8515.1/3--10 ACTAIR 1.5 to 800 pneumatic actuator,» 01 11 1999. [En línea]. Available: <http://www.ksbgroup.com>.
- [8] A. Barner y T. Bork, «Festo, Reporte técnico II, 2012 - Válvulas biestables utilizadas en zonas de seguridad,» 2012. [En línea]. Available: https://www.festo.com/TR_II-2012-ES.
- [9] E. Carnicer Royo, Aire Comprimido, Madrid: Editorial Paraninfo S.A., 1994.

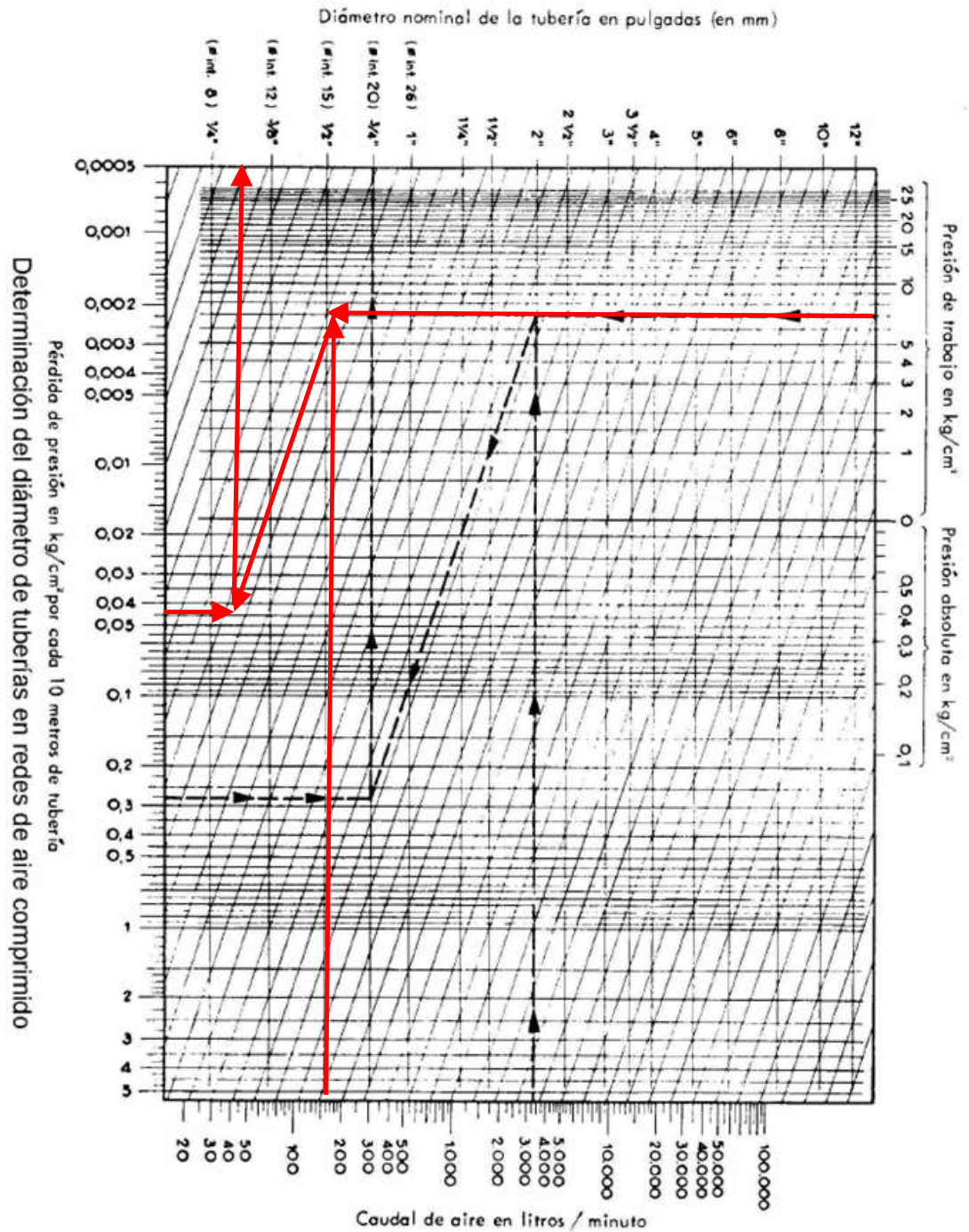
-
- [10] C. Mataix, *Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas* 2da edición, Madrid: Ediciones del Castillo, 1986.
- [11] E. Martínez de San Vicente, *Comandos neumáticos*, Buenos Aires: Alsina, 1980.
- [12] Autodesk AutoCAD Plant 3D, «[Captura de pantalla],» 2020.
- [13] International Organization for Standardization, «Industrial valves – Part-turn actuator attachments (ISO 5211:2023).»,» 2023. [En línea]. Available: <https://www.iso.org/obp/ui/es/#iso:std:iso:5211:ed-3:v1:en>.
- [14] Festo, «Válvulas de accionamiento manual VHEF,» 02 2022. [En línea]. Available: https://www.festo.com/ar/es/p/valvula-con-accionamiento-manual-en-unidades-metricas-id_VHEF/?q=%7E%3AfestoSortOrderScored.
- [15] Manufacturers Standardization Society of the Valve and Fittings Industry, Inc., *Pipe Hangers and Supports - Selection and Application (MSS SP-69-2019)*., Vienna, VA: MSS, 2019.
- [16] American Welding Society, *Specification for carbon steel electrodes for shielded metal arc welding (AWS A5.1/A5.1M:2012)*, Miami, FL: American Welding Society, 2012.
- [17] Xi'an Parri Control Technology Co., Ltd, «Introducción Del Torque De La Válvula De Bola,» 11 02 2019. [En línea]. Available: <https://www.parrict.com/info/ball-valve-torque-introduction-32495868.html>.
- [18] American Society of Mechanical Engineers., *Process Piping (ASME B31.3-2020)*, New York, NY: ASME, 2020.

Anexo A-2: Tanque de Cati3n

(Extracto del pliego de especificaciones t3cnicas. La hoja de datos no est3 disponible debido a restricciones de derechos de autor.)



Anexo A-3: Nomograma [11]



Anexo A-4: Válvulas de accionamiento manual VHEF

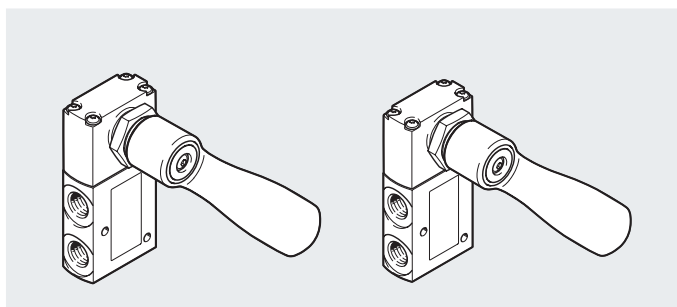
- Hoja de datos, válvula de palanca manual, lateral [14]

Hoja de datos: válvula de palanca manual, lateral

-  - Caudal
530 ... 1200 l/min

-  - Presión
-0,095 ... 1 MPa
-0,95 ... 10 bar

-  - Margen de temperatura
-10 ... +60 °C

**Especificaciones técnicas generales**

Estructura constructiva	Palanca manual, lateral
Ancho [mm]	20
Tipo de control	Directo
Nota sobre la utilización	Accionamiento únicamente manual La palanca manual puede montarse sobre el eje girada cada 90°.
Tipo de accionamiento	Manual
Tipo de fijación	Mediante taladro pasante o panel frontal con tuerca de fijación
Junta	Blanda
Sentido de flujo	Reversible
Función de escape	Estrangulable
Posición de montaje	Indistinta
Fuerza máx. para el accionamiento de la palanca manual ¹⁾ [N]	200
Fuerza transversal máx. para el accionamiento de la palanca manual ¹⁾ [N]	200
Frecuencia de conmutación máx. [Hz]	0,5

1) Calculado a una distancia de 80 mm desde el centro del racor de la palanca manual

Especificaciones técnicas: válvula de 3/2 vías

Código del producto	VHEF-HST-B32...18	VHEF-HST-B32...14	VHEF-HST-M32...18	VHEF-HST-M32...14
Ejecución	Válvula de asiento			
Caudal nominal 1 → 2 [l/min]	750	870	750	870
normal 3 → 2 [l/min]	665	750	665	750
Función de válvula	Válvula de 3/2 vías, biestable		Válvula de 3/2 vías, normalmente cerrada/abierta, monoestable	
Superposición	Superposición nula		Superposición nula	
Tipo de reposición	-		Muelle mecánico	
Accionamiento manual auxiliar	Con enclavamiento		-	
Momento de accionamiento a 6 bar [Nm]	0,7		0,6	
Conexión neumática 1, 2, 3	G1/8	G1/4	G1/8	G1/4
Diámetro nominal [mm]	5,6	6	5,6	6
Peso del producto [g]	236	230	236	230

Hoja de datos: válvula de palanca manual, lateral

Especificaciones técnicas: válvula de 5/2 vías				
Código del producto	VHEF-HS-M52-M-...18	VHEF-HS-M52-M-...14	VHEF-HS-B52-...18	VHEF-HS-B52-...14
Ejecución	Corredera del émbolo			
Caudal nominal 1 → 2 [l/min]	750	1200	750	1200
Función de válvula	Válvula de 5/2 vías, monoestable		Válvula de 5/2 vías, biestable	
Superposición	Superposición positiva		Superposición positiva	
Tipo de reposición	Muelle mecánico		–	
Accionamiento manual auxiliar	–		Con enclavamiento	
Momento de accionamiento a 6 bar [Nm]	0,6			
Conexión neumática 1, 2, 3, 4, 5	G1/8	G1/4	G1/8	G1/4
Diámetro nominal [mm]	5,2	7	5,2	7
Peso del producto [g]	265	298	265	298

Especificaciones técnicas: válvula de 5/3 vías										
Tipo VHEF-HS-			B53C-...18	B53C-...14	B53E-...18	B53E-...14	P53C-...18	P53C-...14	P53E-...18	P53E-...14
Ejecución			Corredera del émbolo							
Caudal nominal normal	1 → 2	[l/min]	750	1200	530	900	700	1200	530	900
	4 → 5	[l/min]	–	–	400	470	–	–	400	470
	2 → 3	[l/min]	–	–	400	470	–	–	400	470
Función de válvula			Válvula de 5/3 vías, cerrada		Válvula de 5/3 vías, a descarga		Válvula de 5/3 vías, cerrada		Válvula de 5/3 vías, a descarga	
Superposición			Superposición positiva		Superposición positiva		Superposición positiva		Superposición positiva	
Tipo de reposición			–		–		Muelle mecánico		Muelle mecánico	
Accionamiento manual auxiliar			Con enclavamiento		Con enclavamiento		–		–	
Momento de accionamiento a 6 bar		[Nm]	0,7							
Conexión neumática 1, 2, 3, 4, 5			G1/8	G1/4	G1/8	G1/4	G1/8	G1/4	G1/8	G1/4
Diámetro nominal		[mm]	5,2	7	5,2	7	5,2	7	5,2	7
Peso del producto		[g]	265	298	265	298	265	298	265	298

Materiales	
Cuerpo	Aleación forjada de aluminio anodizado
Palanca	PA reforzada
Tapa	PA reforzada
Junta	NBR
Nota sobre los materiales	En conformidad con la Directiva 2002/95/CE (RoHS)
Conformidad PWIS	VDMA24364-B1/B2-L

Condiciones de funcionamiento y del entorno	
Fluido de funcionamiento	Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [7:-:-]
Nota sobre el fluido de funcionamiento/mando	Es posible el funcionamiento con aire comprimido lubricado (lo cual requiere seguir utilizando aire lubricado)
Presión de funcionamiento [MPa]	–0,095 ... 1
	[bar] –0,95 ... 10
Temperatura del medio [°C]	–10 ... +60
Temperatura ambiente [°C]	–10 ... +60
Clase de resistencia a la corrosión CRC ¹⁾	1

1) Clase de resistencia a la corrosión CRC 1 según la norma Festo FN 940070

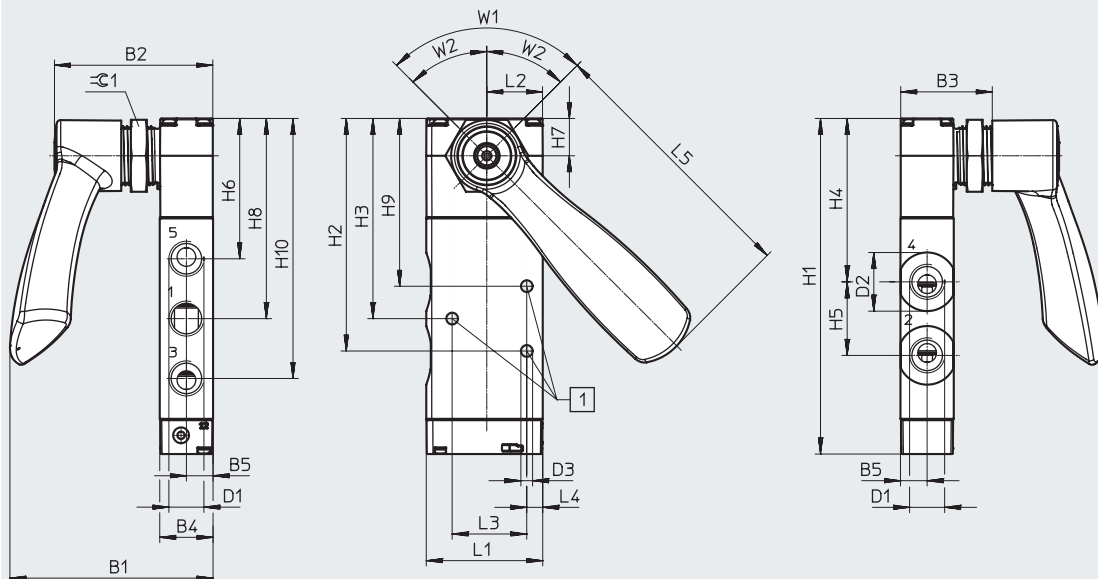
Baja exposición a la corrosión. Aplicación en interiores secos o como protección para el almacenamiento y el transporte. También es válido para piezas situadas bajo cubiertas, en zonas internas no visibles, o para piezas cubiertas en la aplicación concreta (p. ej., pasadores de accionamiento).

Hoja de datos: válvula de palanca manual, lateral

Dimensiones

Descarga de datos CAD → www.festo.com

Válvula de 5/2 vías y válvula de 5/3 vías

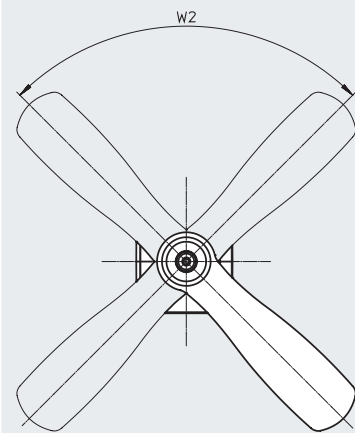


[1] Taladros de sujeción para tornillos M4

W1 Ángulo de 90° para válvulas de 5/2 vías (2 posiciones de conmutación)

W2 2 ángulos de 45° para válvulas de 5/3 vías (3 posiciones de conmutación)

VHEF-HS...



Código del producto	B1	B2	B3	B4	B5	D1	D2 Ø	D3 Ø	H1	H2	H3	H4
VHEF-HS...52...-G18	76,2	59,5	34,5	20	10	G1/8	16,5	4,4	109,4	75,9	66,9	57,1
VHEF-HS...53...-G18						G1/8						
VHEF-HS...52...-G14						G1/4	22		125,9	87,3	75,1	61,3
VHEF-HS...53...-G14						G1/4						

Código del producto	H5	H6	H7	H8	H9	H10	L1	L2	L3	L4	W1	W2	≈C 1
VHEF-HS...52...-G18	19,6	49,9	14	66,9	57,9	83,9	43,7	20,9	28	6	90°	–	SW27
VHEF-HS...53...-G18											–	45°	
VHEF-HS...52...-G14	26,7	52,7		75,1	63	97,6					90°	–	
VHEF-HS...53...-G14											–	45°	

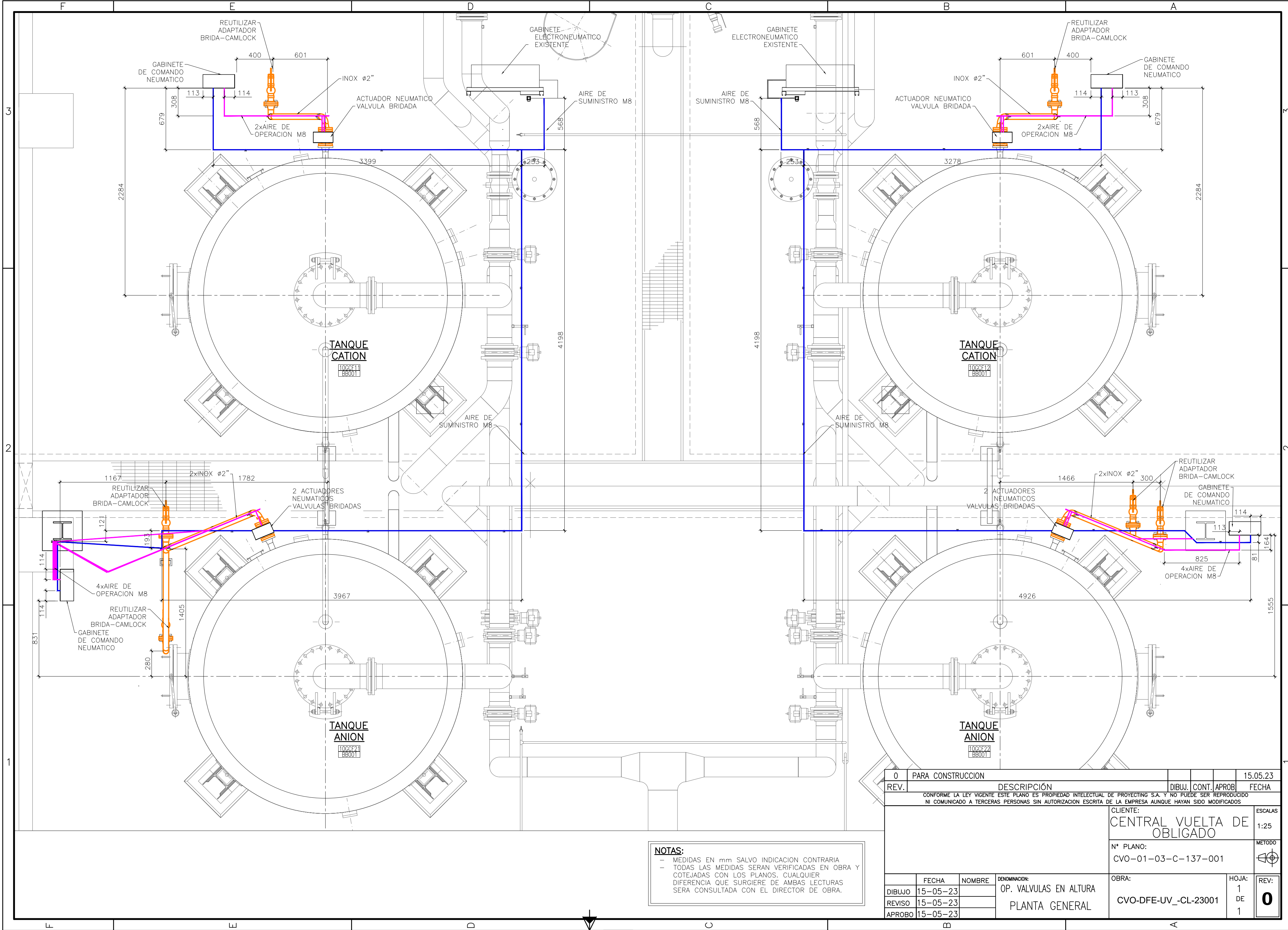
Código del producto	W2
VHEF-HS...	90°

Hoja de datos: válvula de palanca manual, lateral

Referencias de pedido					
Descripción	Tipo de reposición	Caudal nominal [l/min]	Peso [g]	Nº art.	Código del producto
Válvula de 3/2 vías	–	750	236	4165861	VHEF-HST-B32-G18
		870	230	4165862	VHEF-HST-B32-G14
	Muelle mecánico	750	236	4165853	VHEF-HST-M32-M-G18
		870	230	4165854	VHEF-HST-M32-M-G14
Válvula de 5/2 vías	Muelle mecánico	750	265	4165855	VHEF-HS-M52-M-G18
		1200	298	4165856	VHEF-HS-M52-M-G14
	–	750	265	4165863	VHEF-HS-B52-G18
		1200	298	4165864	VHEF-HS-B52-G14
Válvula de 5/3 vías	–	700	265	4165865	VHEF-HS-B53C-G18
		1200	298	4165866	VHEF-HS-B53C-G14
		530	265	4165867	VHEF-HS-B53E-G18
		900	298	4165868	VHEF-HS-B53E-G14
	Muelle mecánico	700	265	4165857	VHEF-HS-P53C-M-G18
		1200	298	4165858	VHEF-HS-P53C-M-G14
		530	265	4165859	VHEF-HS-P53E-M-G18
		900	298	4165860	VHEF-HS-P53E-M-G14

Anexo A-5: Implantación

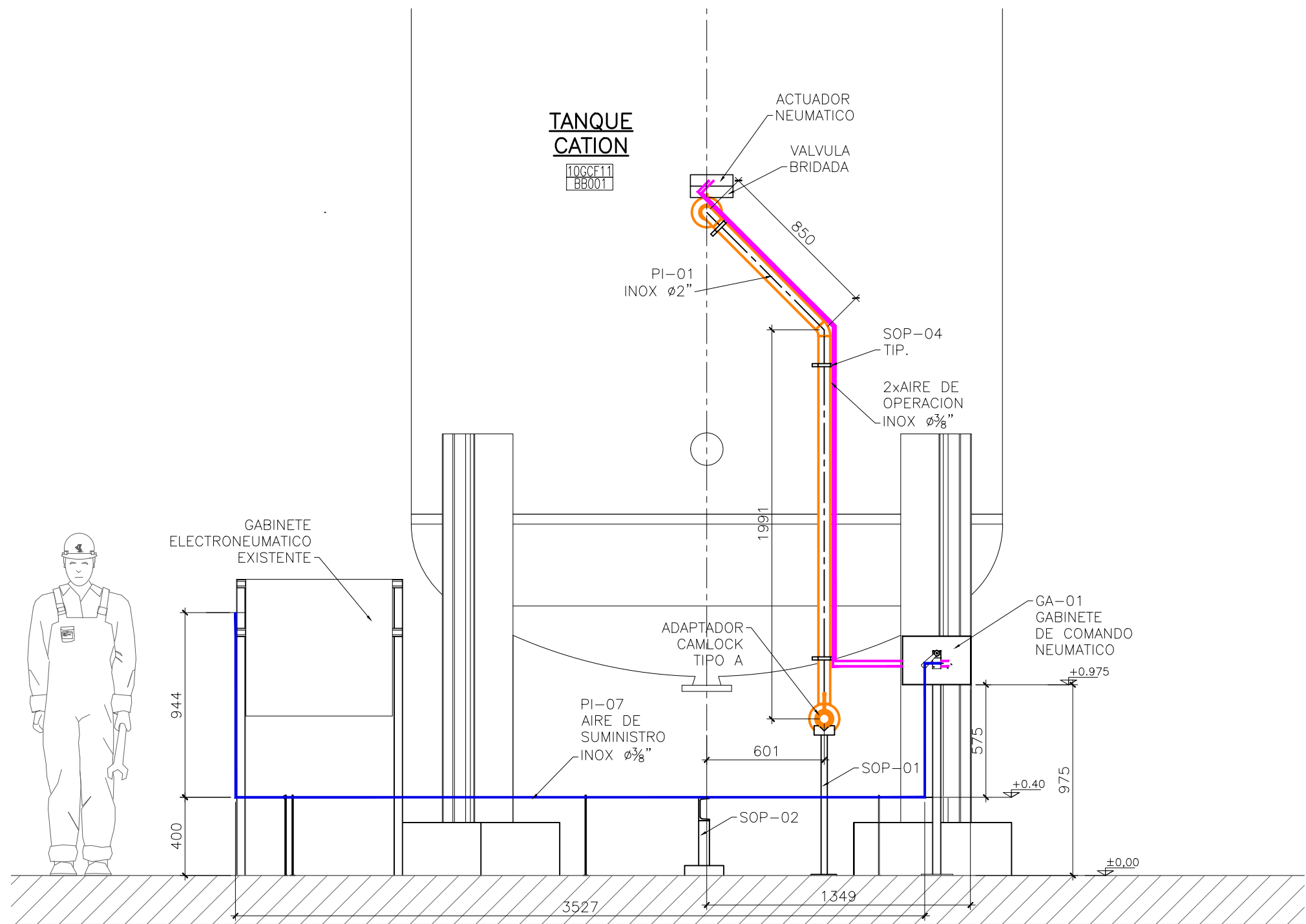
- Plano General
- Implantación Cation 1
- Implantación Cation 2
- Implantación Anión 1
- Implantación Anión 2



NOTAS:

- MEDIDAS EN mm SALVO INDICACION CONTRARIA
- TODAS LAS MEDIDAS SERAN VERIFICADAS EN OBRA Y COTEJADAS CON LOS PLANOS. CUALQUIER DIFERENCIA QUE SURGIERE DE AMBAS LECTURAS SERA CONSULTADA CON EL DIRECTOR DE OBRA.

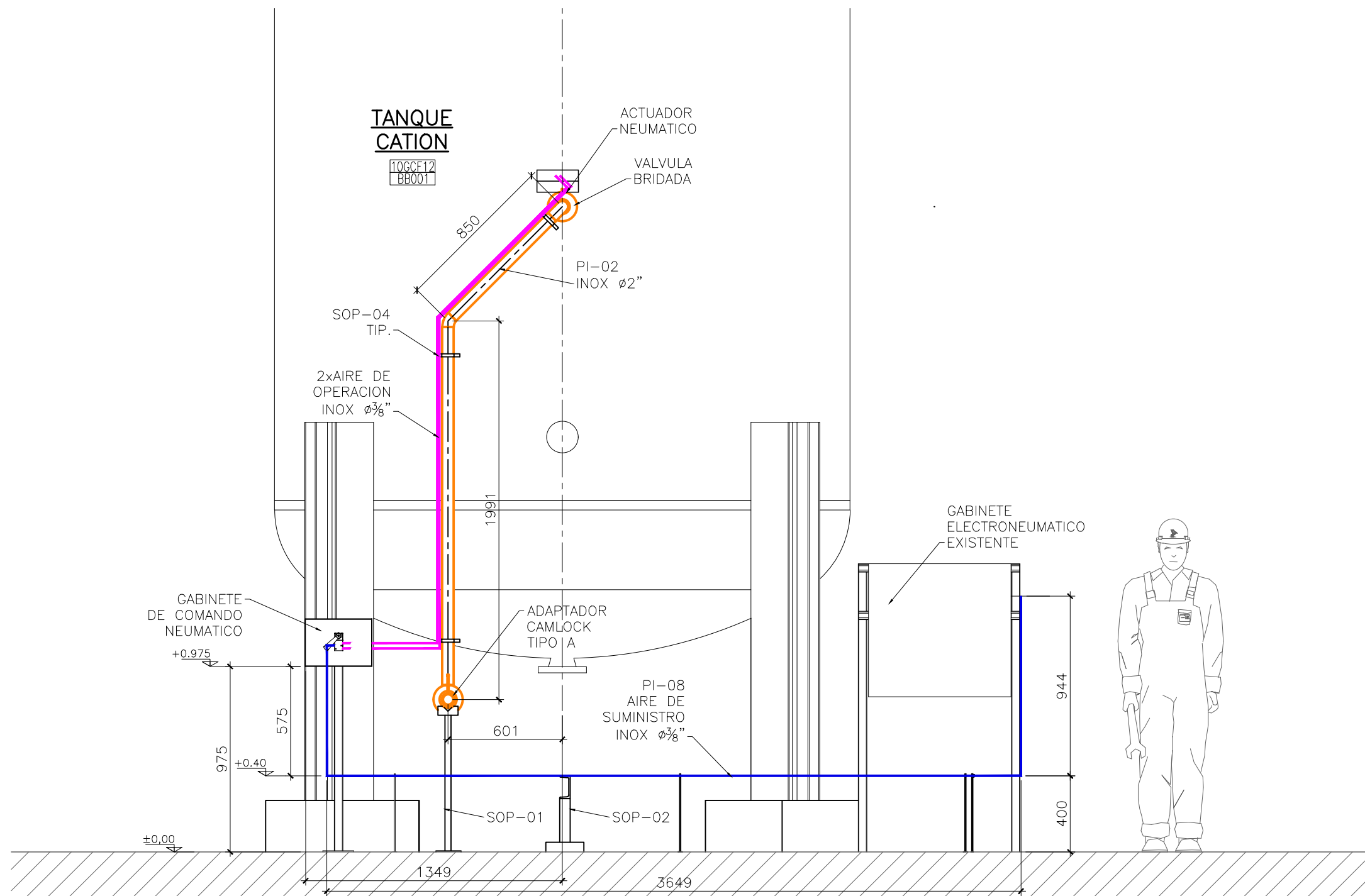
0	PARA CONSTRUCCION				15.05.23
REV.	DESCRIPCION	DIBUJ.	CONT.	APROB.	FECHA
CONFORME LA LEY VIGENTE ESTE PLANO ES PROPIEDAD INTELECTUAL DE PROYECTING S.A. Y NO PUEDE SER REPRODUCIDO NI COMUNICADO A TERCERAS PERSONAS SIN AUTORIZACION ESCRITA DE LA EMPRESA AUNQUE HAYAN SIDO MODIFICADOS					
CLIENTE:				ESCALAS	
CENTRAL VUELTA DE OBLIGADO				1:25	
N° PLANO:				METODO	
CVO-01-03-C-137-001					
OBRA:				HOJA:	REV:
CVO-DFE-UV_-CL-23001				1 DE 1	0
DIBUJO	FECHA	NOMBRE	DENOMINACION		
REVISO	15-05-23		OP. VALVULAS EN ALTURA		
APROBO	15-05-23		PLANTA GENERAL		



NOTAS:

- MEDIDAS EN mm SALVO INDICACION CONTRARIA
- NIVELES EN m REFERIDOS AL PISO DE PLANTA
- TODAS LAS MEDIDAS SERAN VERIFICADAS EN OBRA Y COTEJADAS CON LOS PLANOS. CUALQUIER DIFERENCIA QUE SURGIERE DE AMBAS LECTURAS SERA CONSULTADA CON EL DIRECTOR DE OBRA.

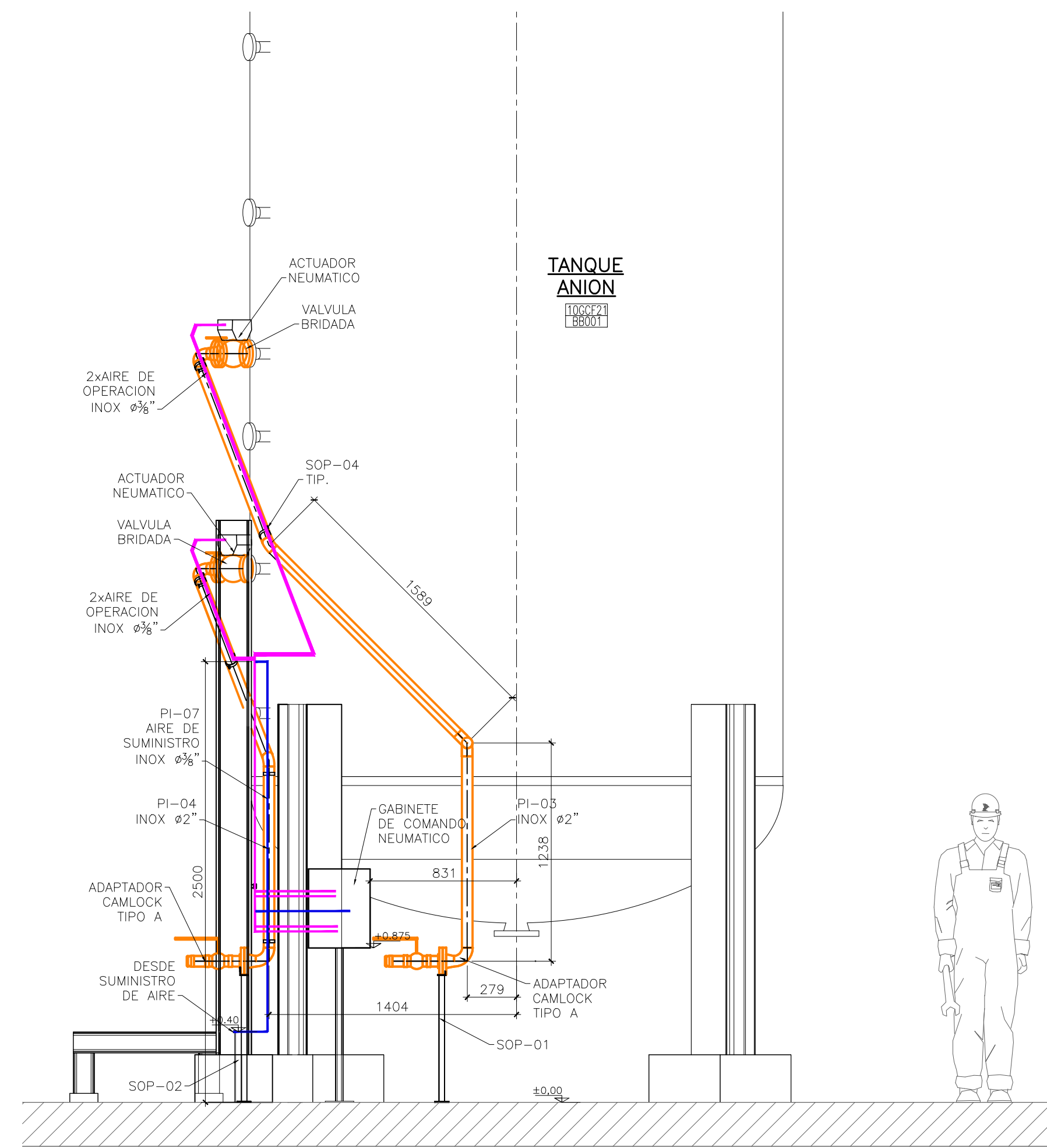
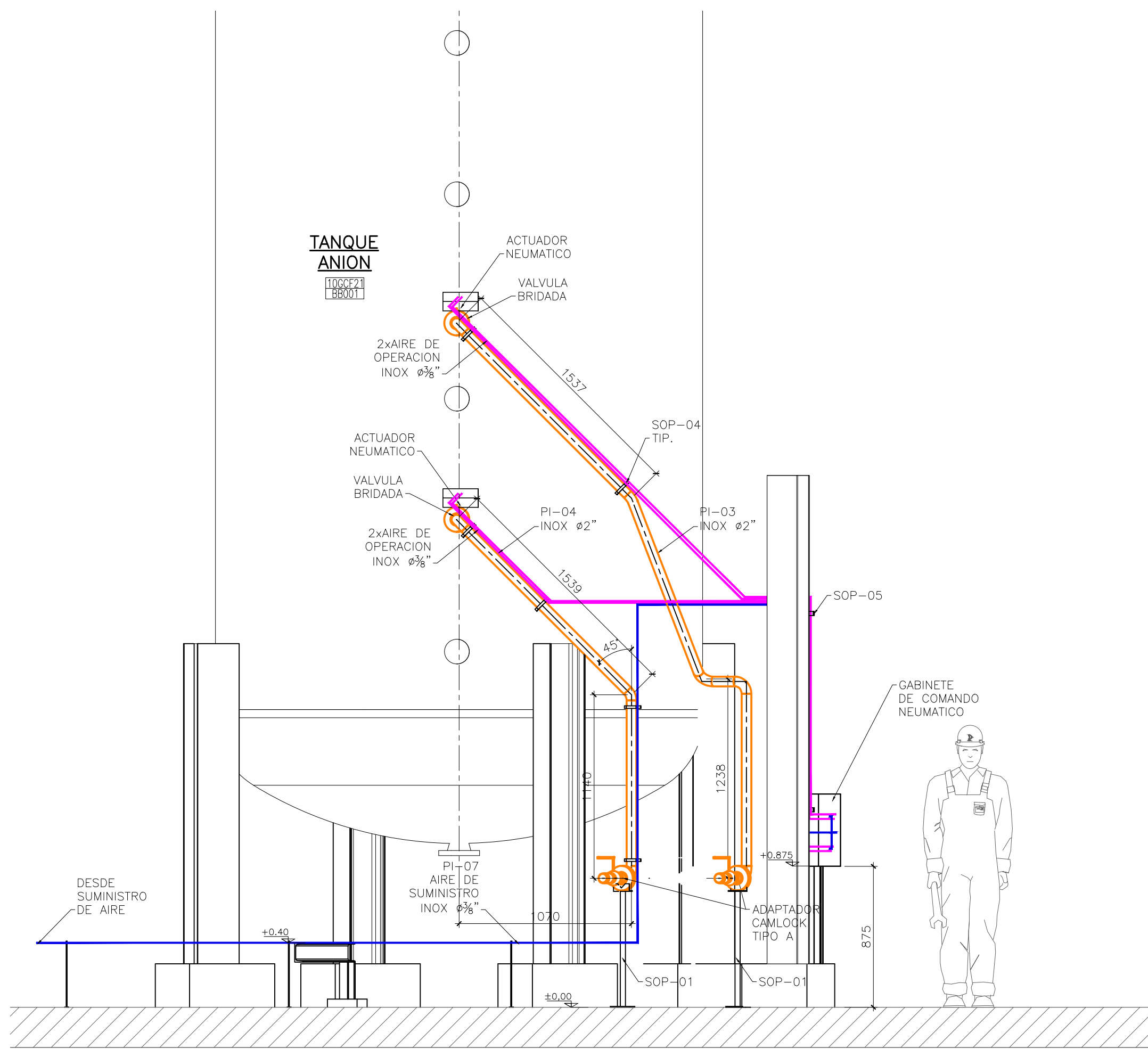
2	INCLUSION NOMENCLATURA CAÑERIAS Y SOPORTES				29.05.23
1	MODIFICACION DE DENOMINACIONES				18.05.23
0	PARA CONSTRUCCION				15.05.23
REV.	DESCRIPCIÓN	DIBUJ.	CONT.	APROB.	FECHA
CONFORME LA LEY VIGENTE ESTE PLANO ES PROPIEDAD INTELECTUAL DE PROYECTING S.A. Y NO PUEDE SER REPRODUCIDO NI COMUNICADO A TERCERAS PERSONAS SIN AUTORIZACION ESCRITA DE LA EMPRESA AUNQUE HAYAN SIDO MODIFICADOS					
		CLIENTE:			ESCALAS
		CENTRAL VUELTA DE OBLIGADO			1:25
		N° PLANO:			METODO
		CVO-01-03-C-138-001			
		OBRA:		HOJA:	REV:
		CVO-DFE-UV_-CL-23001		1 DE 1	2
DIBUJO	FECHA	NOMBRE	DENOMINACION: OP. VALVULAS EN ALTURA VISTA TK CATION 1		
REVISO	15-05-23				
APROBO	15-05-23				



2	INCLUSION NOMENCLATURA CAÑERIA Y SOPORTES						29.05.23	
1	MODIFICACION EN DENOMINACIONES						18.05.23	
0	PARA CONSTRUCCION						15.05.23	
REV.	DESCRIPCIÓN				DIBUJ.	CONT.	APROB.	FECHA
CONFORME LA LEY VIGENTE ESTE PLANO ES PROPIEDAD INTELECTUAL DE PROYECTING S.A. Y NO PUEDE SER REPRODUCIDO NI COMUNICADO A TERCERAS PERSONAS SIN AUTORIZACION ESCRITA DE LA EMPRESA AUNQUE HAYAN SIDO MODIFICADOS								
					CLIENTE:		ESCALAS:	
					CENTRAL VUELTA DE OBLIGADO		1:25	
					N° PLANO:		METODO:	
					CVO-01-03-C-138-002			
	FECHA	NOMBRE	DENOMINACION:		OBRA:		HOJA:	REV:
DIBUJO	15-05-23		OP. VALVULAS EN ALTURA		CVO-DFE-UV_-CL-23001		1	2
REVISO	15-05-23		VISTA TK CATION 2				DE	
APROBO	15-05-23						1	

NOTAS:

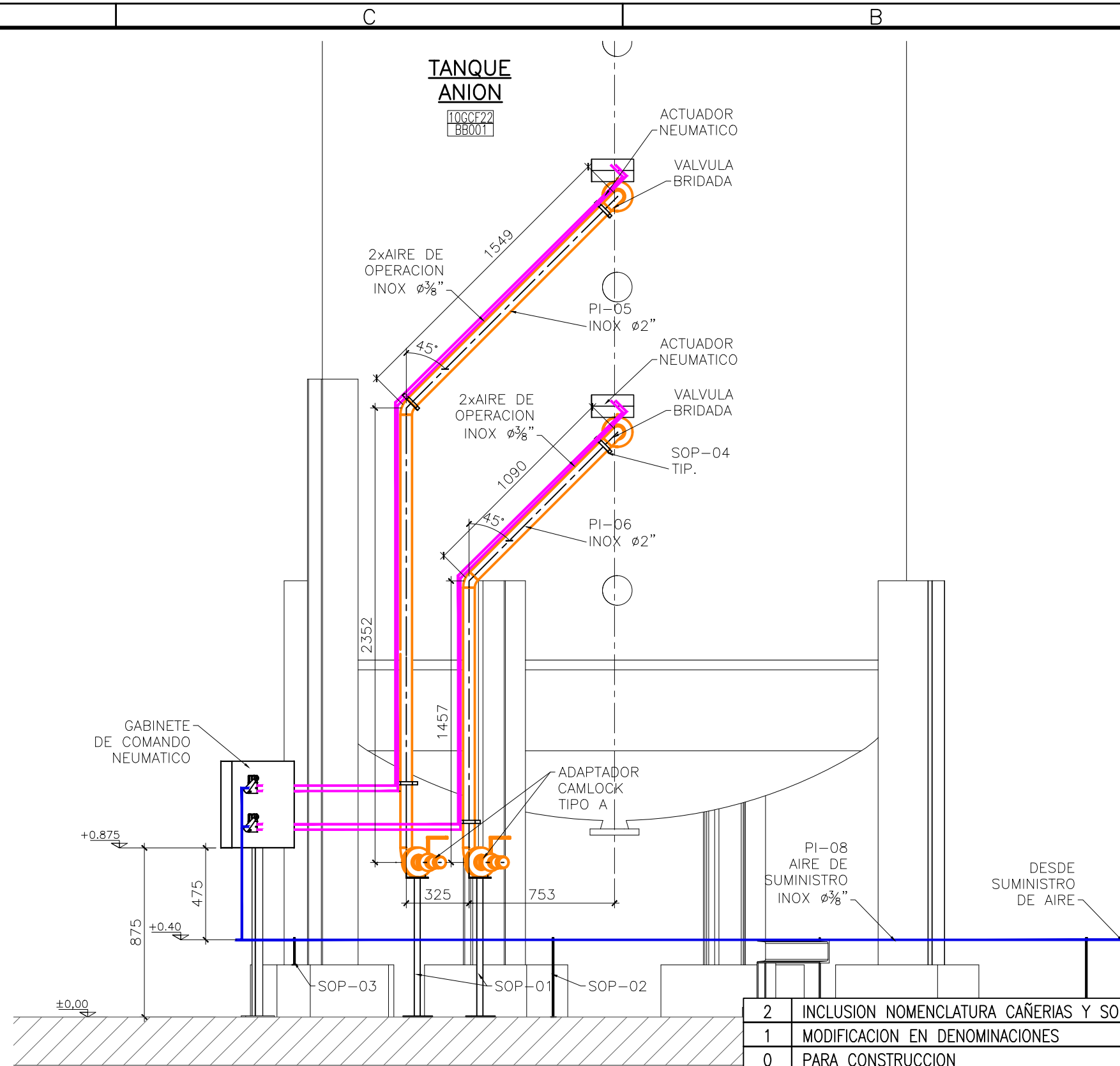
- MEDIDAS EN mm SALVO INDICACION CONTRARIA
- NIVELES EN m REFERIDOS AL CENTRO DE PLANTA
- TODAS LAS MEDIDAS SERAN VERIFICADAS EN OBRA Y COTEJADAS CON LOS PLANOS. CUALQUIER DIFERENCIA QUE SURGIERE DE AMBAS LECTURAS SERA CONSULTADA CON EL DIRECTOR DE OBRA.



NOTAS:

- MEDIDAS EN mm SALVO INDICACION CONTRARIA
- NIVELES EN m REFERIDOS AL CENTRO DE PLANTA
- TODAS LAS MEDIDAS SERAN VERIFICADAS EN OBRA Y COTEJADAS CON LOS PLANOS. CUALQUIER DIFERENCIA QUE SURGIERE DE AMBAS LECTURAS SERA CONSULTADA CON EL DIRECTOR DE OBRA.

2	INCLUSION NOMENCLATURA CAÑERIAS Y SOPORTES							29.05.23	
1	MODIFICACIONES VARIAS							18.05.23	
0	PARA CONSTRUCCION							15.05.23	
REV.	DESCRIPCIÓN					DIBUJ.	CONT.	APROB.	FECHA
CONFORME LA LEY VIGENTE ESTE PLANO ES PROPIEDAD INTELECTUAL DE PROYECTING S.A. Y NO PUEDE SER REPRODUCIDO NI COMUNICADO A TERCERAS PERSONAS SIN AUTORIZACION ESCRITA DE LA EMPRESA AUNQUE HAYAN SIDO MODIFICADOS									
						CLIENTE:		ESCALAS	
						CENTRAL VUELTA DE OBLIGADO		1:25	
						N° PLANO:		METODO	
						CVO-01-03-C-138-003			
	FECHA	NOMBRE	DENOMINACION:			OBRA:		HOJA:	REV: 2
DIBUJO	15-05-23		OP. VALVULAS EN ALTURA			CVO-DFE-UV_-CL-23001		1	
REVISO	15-05-23		VISTA TK ANION 1					DE	
APROBO	15-05-23							1	

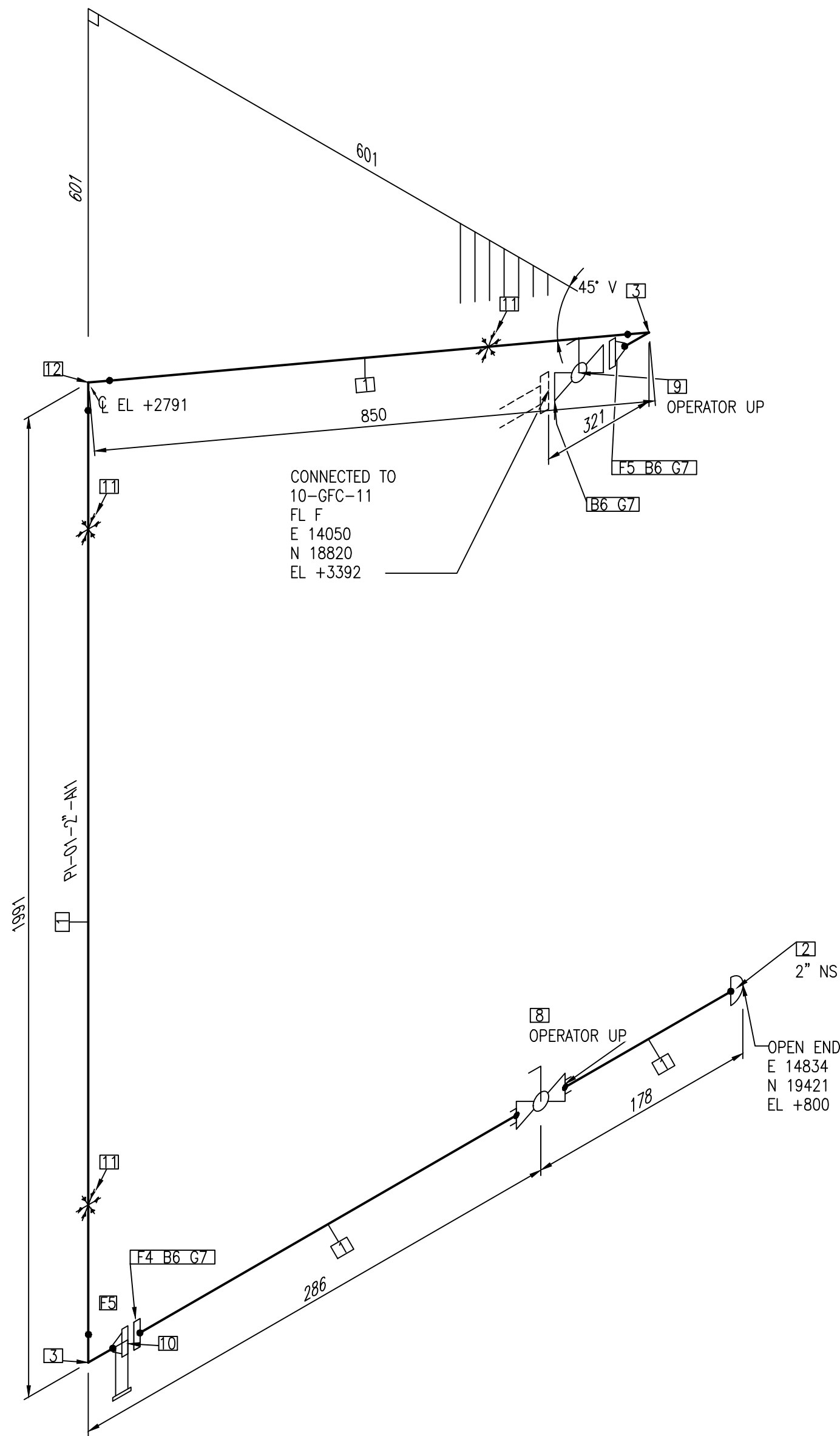


- NOTAS:**
- MEDIDAS EN mm SALVO INDICACION CONTRARIA
 - NIVELES EN m REFERIDOS AL PISO DE PLANTA
 - TODAS LAS MEDIDAS SERAN VERIFICADAS EN OBRA Y COTEJADAS CON LOS PLANOS. CUALQUIER DIFERENCIA QUE SURGIERE DE AMBAS LECTURAS SERA CONSULTADA CON EL DIRECTOR DE OBRA.

2	INCLUSION NOMENCLATURA CAÑERIAS Y SOPORTES							29.05.23	
1	MODIFICACION EN DENOMINACIONES							18.05.23	
0	PARA CONSTRUCCION							15.05.23	
REV.	DESCRIPCIÓN					DIBUJ.	CONT.	APROB.	FECHA
CONFORME LA LEY VIGENTE ESTE PLANO ES PROPIEDAD INTELECTUAL DE PROYECTING S.A. Y NO PUEDE SER REPRODUCIDO NI COMUNICADO A TERCERAS PERSONAS SIN AUTORIZACION ESCRITA DE LA EMPRESA AUNQUE HAYAN SIDO MODIFICADOS									
						CLIENTE:			ESCALAS
						CENTRAL VUELTA DE OBLIGADO			1:25
						N° PLANO:			METODO
						CVO-01-03-C-138-004			
	FECHA	NOMBRE	DENOMINACION:			OBRA:		HOJA:	REV:
DIBUJO	15-05-23		OP. VALVULAS EN ALTURA			CVO-DFE-UV_-CL-23001		1	2
REVISO	15-05-23		VISTA TK ANION 2					DE	
APROBO	15-05-23							1	

Anexo A-6: Isométricos

- Isométrico PI -01
- Isométrico PI -02
- Isométrico PI -03
- Isométrico PI -04
- Isométrico PI -05
- Isométrico PI -06
- Isométrico PI -07
- Isométrico PI -08



BILL OF MATERIALS			
ID	QTY	ND	DESCRIPTION
1	2.8M	2"	PIPE, PE, ASTM A312-TP 316L, SCH 40S, EFW
2	1	2"	CAMLOCK FITTING TYPE A, TH, ASME B16.11, ASTM A403-WP 316L-S
3	2	2"	ELL 90 LR, BW, ASME B16.9, ASTM A403-WP 316-W
4	1	2"	FLANGE SO, 150 LB RF, SS, ASTM A182 F316L, 125-250 AARH, ASME B16.5
5	2	2"	FLANGE WN, 150 LB RF, SS, ASTM A182 F316L, 125-250 AARH, ASME B16.5
6	12	5/8"x83	150 LB RF, ASTM A193 Gr. B8, ASME B18.2.1 / 150 LB RF, ASTM A194 Gr. 8, ASME B18.2.2
7	3	2"	GASKET, FLAT, 1/16" THK, RF, 150 LB, ASME B16.20, SPIRAL WOUND SS 316 + GRAPHITE with CS CENTER RING AND SS INTERIOR RING
8	1	2"	LEVER, 800 LB SW, SS, BODY, BONNET AND BALL ASTM A182 F316L -FULL PORT, BS/EN-17292
9	1	2"	BALL VALVE, LONG PATTERN, 150 LB, RF, ASME B16.10, 316 SS BODY W/ 316 SS TRIM , RTFE ST, FP GENEVRE 2528A
10	1	2"	CUSTOM TRUNNION/STANCHION
11	3	2"	CUSTOM CLAMP
12	1	2"	ELL 45 LR, BW, ASME B16.9, ASTM A403-WP 316-W

0	PARA CONSTRUCCION							23.05.23
REV.	DESCRIPCIÓN				DIBUJ.	CONT.	APROB	FECHA
CONFORME LA LEY VIGENTE ESTE PLANO ES PROPIEDAD INTELECTUAL DE PROYECTING S.A. Y NO PUEDE SER REPRODUCIDO NI COMUNICADO A TERCERAS PERSONAS SIN AUTORIZACION ESCRITA DE LA EMPRESA AUNQUE HAYAN SIDO MODIFICADOS								
					CLIENTE:		ESCALAS	
					CENTRAL VUELTA DE OBLIGADO		S/E	
					N° PLANO:		METODO	
					CVO-01-03-C-139-001			
	FECHA	NOMBRE	DENOMINACION:		OBRA:		HOJA:	REV:
DIBUJO	23-05-23		OP. VALVULAS EN ALTURA ISOMETRICO PI-01		CVO-DFE-UV_-CL-23001		1	0
REVISO	23-05-23						DE	
APROBO	23-05-23						1	



CONNECTED TO
10-GCF-12
FL F
E 14050
N 11380
EL +3392

[10]
OPERATOR UP

[B7 G8]

[F6 B7 G8]

EL +2791

PI-02-CL-N1

1991

[9]
OPERATOR UP

[2]
2" NS

OPEN END
E 14834
N 10779
EL +800

178

286

[F5 B7 G8]

[11]

[5]

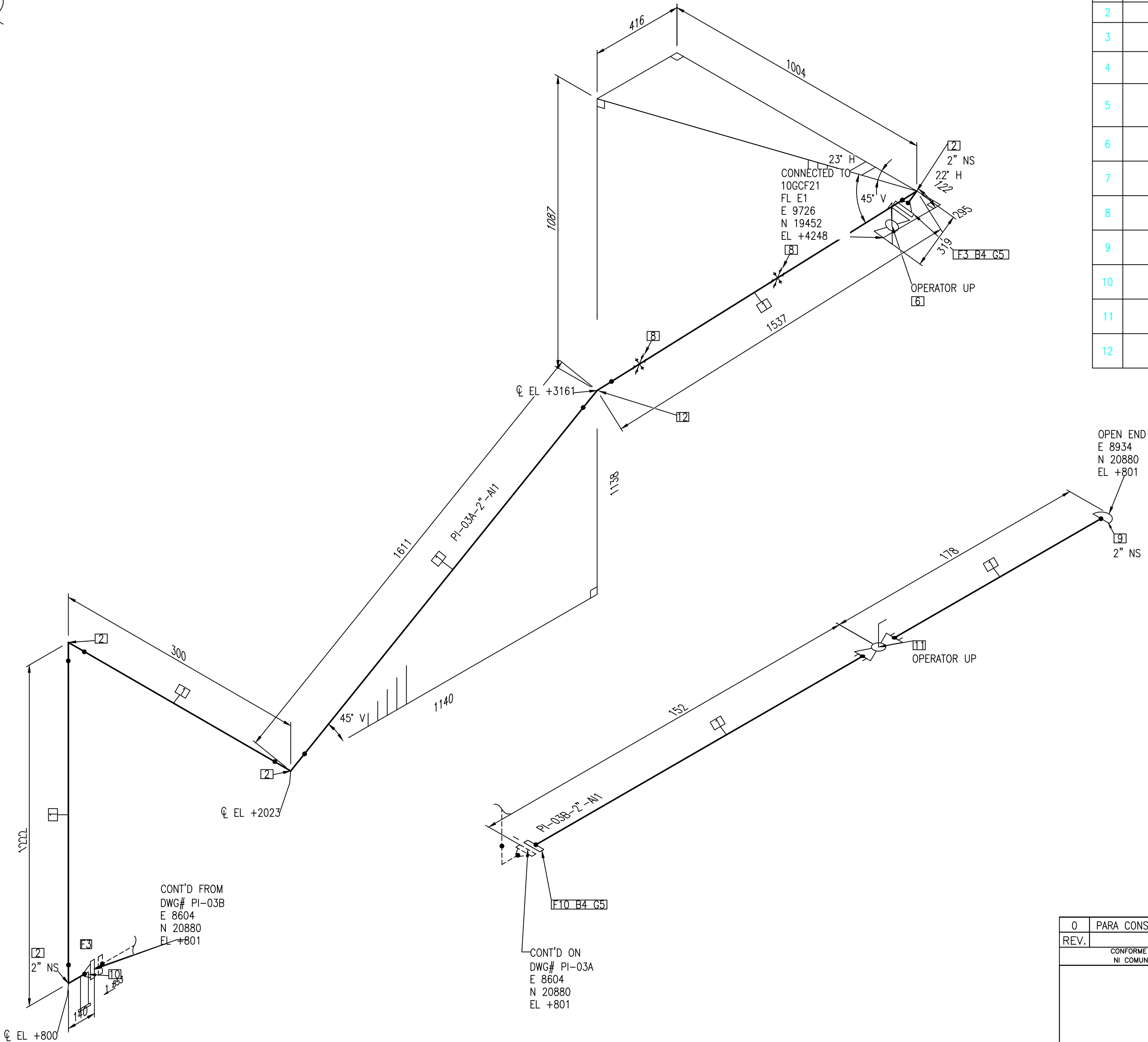
[F6]

BILL OF MATERIALS			
ID	QTY	ND	DESCRIPTION
1	2.8M	2"	PIPE, PE, ASTM A312-TP 316L, SCH 40S, EFW
2	1	2"	CAMLOCK FITTING TYPE A, TH, ASME B16.11, ASTM A403-WP 316L-S
3	2	2"	ELL 90 LR, BW, ASME B16.9, ASTM A403-WP 316-W
4	1	2"	ELL 45 LR, BW, ASME B16.9, ASTM A403-WP 316-W
5	1	2"	FLANGE SO, 150 LB RF, SS, ASTM A182 F316L, 125-250 AARH, ASME B16.5
6	2	2"	FLANGE WN, 150 LB RF, SS, ASTM A182 F316L, 125-250 AARH, ASME B16.5
7	12	5/8"x83	150 LB RF, ASTM A193 Gr. B8, ASME B18.2.1 / 150 LB RF, ASTM A194 Gr. 8, ASME B18.2.2
8	3	2"	GASKET, FLAT, 1/16" THK, RF, 150 LB, ASME B16.20, SPIRAL WOUND SS 316 + GRAPHITE with CS CENTER RING AND SS INTERIOR RING
9	1	2"	LEVER, 800 LB SW, SS, BODY, BONNET AND BALL ASTM A182 F316L -FULL PORT, BS/EN-17292
10	1	2"	BALL VALVE, LONG PATTERN, 150 LB, RF, ASME B16.10, 316 SS BODY W/ 316 SS TRIM , RTFE ST, FP GENEBRE 2528A
11	1	2"	CUSTOM TRUNNION/STANCHION
12	3	2"	CUSTOM CLAMP

0	PARA CONSTRUCCION							23.05.23
REV.	DESCRIPCIÓN				DIBUJ.	CONT.	APROB.	FECHA
CONFORME LA LEY VIGENTE ESTE PLANO ES PROPIEDAD INTELECTUAL DE PROYECTING S.A. Y NO PUEDE SER REPRODUCIDO NI COMUNICADO A TERCERAS PERSONAS SIN AUTORIZACION ESCRITA DE LA EMPRESA AUNQUE HAYAN SIDO MODIFICADOS								
					CLIENTE:		ESCALAS	
					CENTRAL VUELTA DE OBLIGADO		S/E	
					N° PLANO:		METODO	
					CVO-01-03-C-139-002			
	FECHA	NOMBRE	DENOMINACION:		OBRA:		HOJA:	REV:
DIBUJO	23-05-23		OP. VALVULAS EN ALTURA ISOMETRICO PI-02		CVO-DFE-UV_-CL-23001		1	0
REVISO	23-05-23						DE	
APROBO	23-05-23						1	



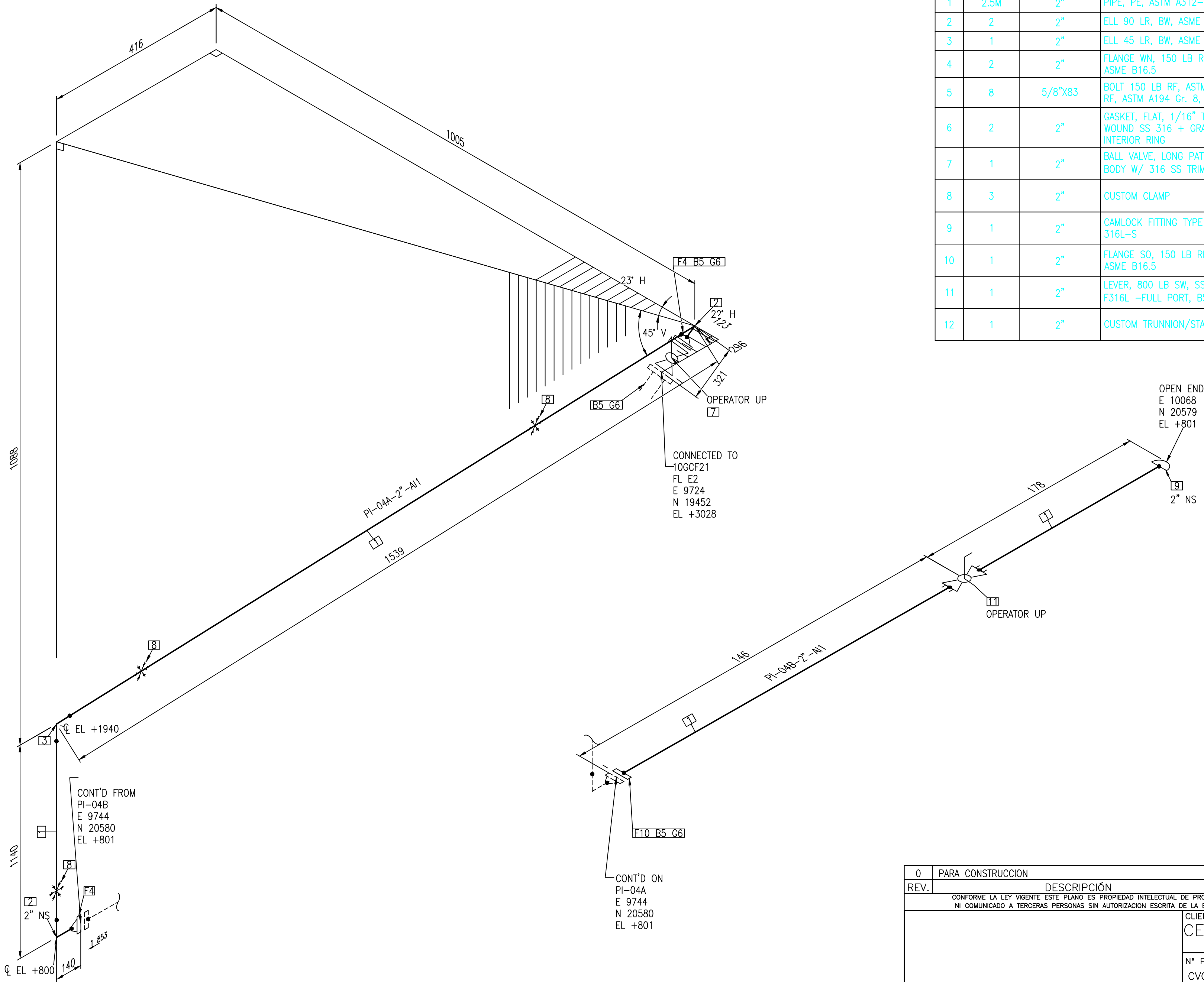
BILL OF MATERIALS			
ID	QTY	ND	DESCRIPTION
1	4.4M	2"	PIPE, PE, ASTM A312-TP 316L, SCH 40S, EFW
2	4	2"	ELL 90 LR, BW, ASME B16.9, ASTM A403-WP 316-W
3	2	2"	FLANGE WN, 150 LB RF, SS, ASTM A182 F316L, 125-250 AARH, ASME B16.5
4	8	5/8"x83	BOLT 150 LB RF, ASTM A193 Gr. B8, ASME B18.2.1 / 150 LB RF, ASTM A194 Gr. 8, ASME B18.2.2
5	2	2"	GASKET, FLAT, 1/16" THK, RF, 150 LB, ASME B16.20, SPIRAL WOUND SS 316 + GRAPHITE with CS CENTER RING AND SS INTERIOR RING
6	1	2"	BALL VALVE, LONG PATTERN, 150 LB, RF, ASME B16.10, 316 SS BODY W/ 316 SS TRIM , RTFE ST, FP GENEBRE 2528A
7	1	2"	CUSTOM TRUNNION/STANCHION
8	3	2"	CUSTOM CLAMP
9	1	2"	CAMLOCK FITTING TYPE A, TH, ASME B16.11, ASTM A403-WP 316L-S
10	1	2"	FLANGE SO, 150 LB RF, SS, ASTM A182 F316L, 125-250 AARH, ASME B16.5
11	1	2"	LEVER, 800 LB SW, SS, BODY, BONNET AND BALL ASTM A182 F316L -FULL PORT, BS/EN-17292
12	1	2"	ELL 45 LR, BW, ASME B16.9, ASTM A403-WP 316-W



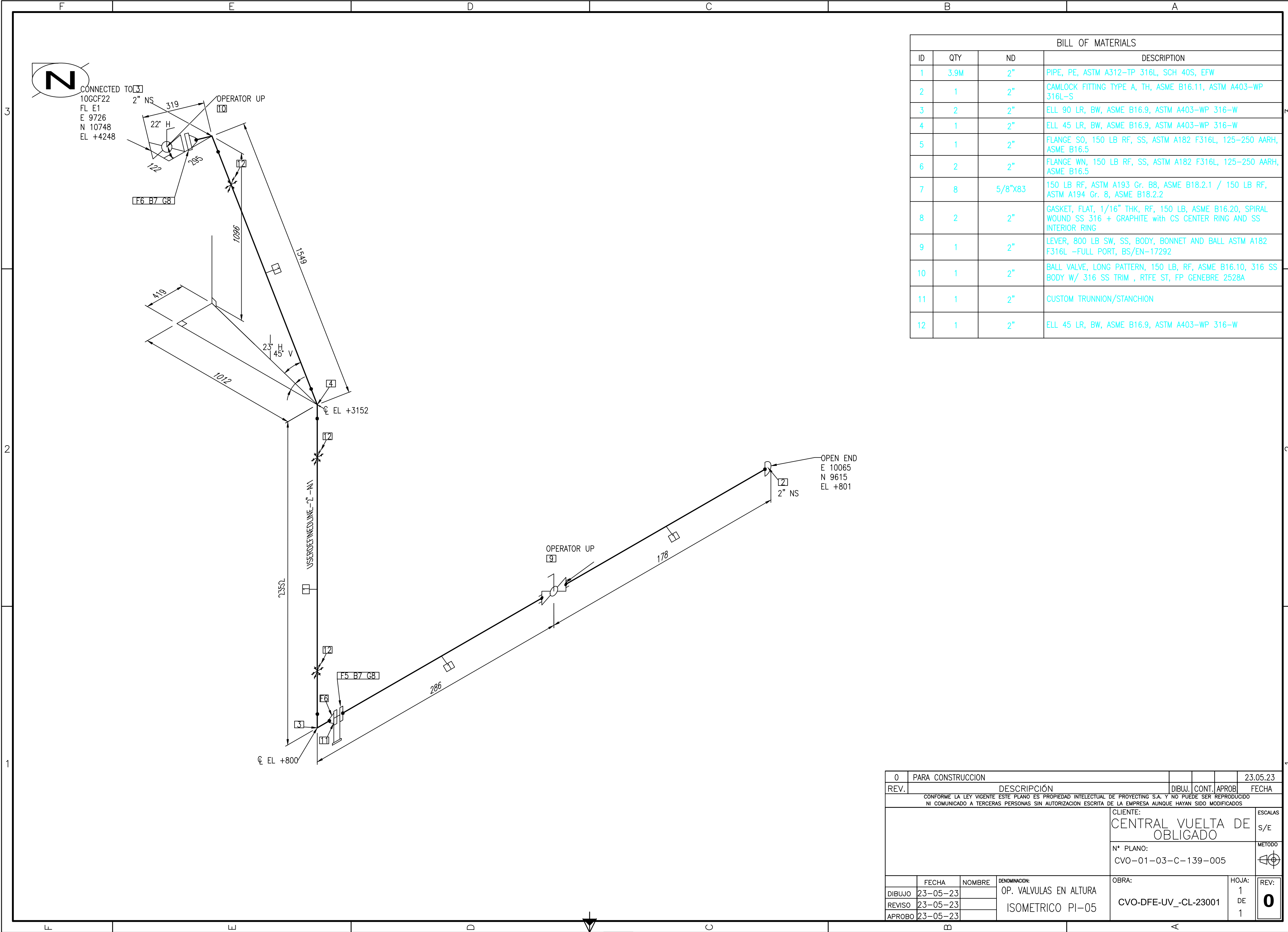
0	PARA CONSTRUCCION								23.05.23
REV.	DESCRIPCIÓN					DIBUJ.	CONT.	APROB.	FECHA
CONFORME LA LEY VIGENTE ESTE PLANO ES PROPIEDAD INTELECTUAL DE PROYECTING S.A. Y NO PUEDE SER REPRODUCIDO NI COMUNICADO A TERCERAS PERSONAS SIN AUTORIZACION ESCRITA DE LA EMPRESA AUNQUE HAYAN SIDO MODIFICADOS									
						CLIENTE:		ESCALAS	
						CENTRAL VUELTA DE OBLIGADO		S/E	
						N° PLANO:		METODO	
						CVO-01-03-C-139-003			
	FECHA	NOMBRE	DENOMINACION:			OBRA:		HOJA:	REV:
DIBUJO	23-05-23		OP. VALVULAS EN ALTURA ISOMETRICO PI-03			CVO-DFE-UV_-CL-23001		1	0
REVISO	23-05-23							DE	
APROBO	23-05-23							1	



BILL OF MATERIALS			
ID	QTY	ND	DESCRIPTION
1	2.5M	2"	PIPE, PE, ASTM A312-TP 316L, SCH 40S, EFW
2	2	2"	ELL 90 LR, BW, ASME B16.9, ASTM A403-WP 316-W
3	1	2"	ELL 45 LR, BW, ASME B16.9, ASTM A403-WP 316-W
4	2	2"	FLANGE WN, 150 LB RF, SS, ASTM A182 F316L, 125-250 AARH, ASME B16.5
5	8	5/8"x83	BOLT 150 LB RF, ASTM A193 Gr. B8, ASME B18.2.1 / 150 LB RF, ASTM A194 Gr. 8, ASME B18.2.2
6	2	2"	GASKET, FLAT, 1/16" THK, RF, 150 LB, ASME B16.20, SPIRAL WOUND SS 316 + GRAPHITE with CS CENTER RING AND SS INTERIOR RING
7	1	2"	BALL VALVE, LONG PATTERN, 150 LB, RF, ASME B16.10, 316 SS BODY W/ 316 SS TRIM , RTFE ST, FP GENEBRE 2528A
8	3	2"	CUSTOM CLAMP
9	1	2"	CAMLOCK FITTING TYPE A, TH, ASME B16.11, ASTM A403-WP 316L-S
10	1	2"	FLANGE SO, 150 LB RF, SS, ASTM A182 F316L, 125-250 AARH, ASME B16.5
11	1	2"	LEVER, 800 LB SW, SS, BODY, BONNET AND BALL ASTM A182 F316L -FULL PORT, BS/EN-17292
12	1	2"	CUSTOM TRUNNION/STANCHION



0	PARA CONSTRUCCION								23.05.23
REV.	DESCRIPCIÓN					DIBUJ.	CONT.	APROB.	FECHA
CONFORME LA LEY VIGENTE ESTE PLANO ES PROPIEDAD INTELECTUAL DE PROYECTING S.A. Y NO PUEDE SER REPRODUCIDO NI COMUNICADO A TERCERAS PERSONAS SIN AUTORIZACION ESCRITA DE LA EMPRESA AUNQUE HAYAN SIDO MODIFICADOS									
						CLIENTE:		ESCALAS	
						CENTRAL VUELTA DE OBLIGADO		S/E	
						N° PLANO:		METODO	
						CVO-01-03-C-139-004			
	FECHA	NOMBRE	DENOMINACION:			OBRA:		HOJA:	REV:
DIBUJO	23-05-23		OP. VALVULAS EN ALTURA ISOMETRICO PI-04			CVO-DFE-UV_-CL-23001		1	0
REVISO	23-05-23							DE	
APROBO	23-05-23							1	



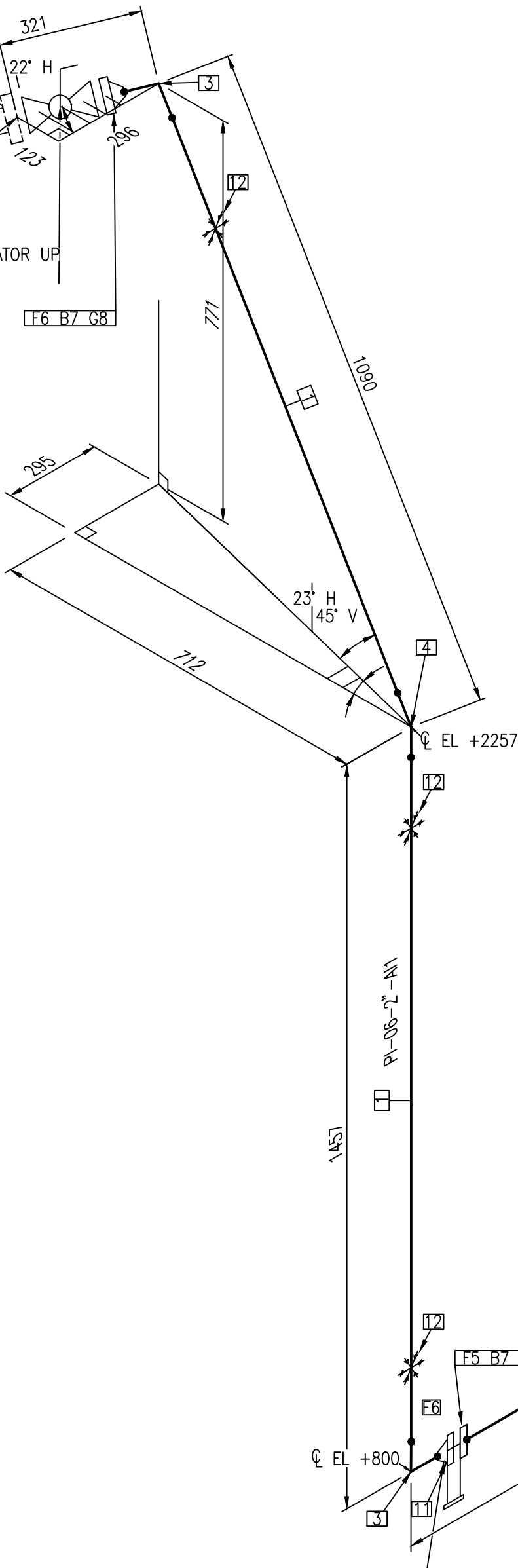
BILL OF MATERIALS			
ID	QTY	ND	DESCRIPTION
1	3.9M	2"	PIPE, PE, ASTM A312-TP 316L, SCH 40S, EFW
2	1	2"	CAMLOCK FITTING TYPE A, TH, ASME B16.11, ASTM A403-WP 316L-S
3	2	2"	ELL 90 LR, BW, ASME B16.9, ASTM A403-WP 316-W
4	1	2"	ELL 45 LR, BW, ASME B16.9, ASTM A403-WP 316-W
5	1	2"	FLANGE SO, 150 LB RF, SS, ASTM A182 F316L, 125-250 AARH, ASME B16.5
6	2	2"	FLANGE WN, 150 LB RF, SS, ASTM A182 F316L, 125-250 AARH, ASME B16.5
7	8	5/8"x83	150 LB RF, ASTM A193 Gr. B8, ASME B18.2.1 / 150 LB RF, ASTM A194 Gr. 8, ASME B18.2.2
8	2	2"	GASKET, FLAT, 1/16" THK, RF, 150 LB, ASME B16.20, SPIRAL WOUND SS 316 + GRAPHITE with CS CENTER RING AND SS INTERIOR RING
9	1	2"	LEVER, 800 LB SW, SS, BODY, BONNET AND BALL ASTM A182 F316L -FULL PORT, BS/EN-17292
10	1	2"	BALL VALVE, LONG PATTERN, 150 LB, RF, ASME B16.10, 316 SS BODY W/ 316 SS TRIM , RTFE ST, FP GENEVRE 2528A
11	1	2"	CUSTOM TRUNNION/STANCHION
12	1	2"	ELL 45 LR, BW, ASME B16.9, ASTM A403-WP 316-W

0	PARA CONSTRUCCION								23.05.23
REV.	DESCRIPCIÓN					DIBUJ.	CONT.	APROB.	FECHA
CONFORME LA LEY VIGENTE ESTE PLANO ES PROPIEDAD INTELECTUAL DE PROYECTING S.A. Y NO PUEDE SER REPRODUCIDO NI COMUNICADO A TERCERAS PERSONAS SIN AUTORIZACION ESCRITA DE LA EMPRESA AUNQUE HAYAN SIDO MODIFICADOS									
						CLIENTE:		ESCALAS	
						CENTRAL VUELTA DE OBLIGADO		S/E	
						N° PLANO:		METODO	
						CVO-01-03-C-139-005			
	FECHA	NOMBRE	DENOMINACION:			OBRA:		HOJA:	REV:
DIBUJO	23-05-23		OP. VALVULAS EN ALTURA ISOMETRICO PI-05			CVO-DFE-UV_-CL-23001		1	0
REVISO	23-05-23							DE	
APROBO	23-05-23							1	



CONNECTED TO
10GCF22
FL E2
E 9724
N 10749
EL +3028

OPERATOR UP
[10]



[12]
2" NS

OPEN END
E 10190
N 9915
EL +801

OPERATOR UP
[9]

[12]
F5 B7 G8

F6

CL

[3]

[11]

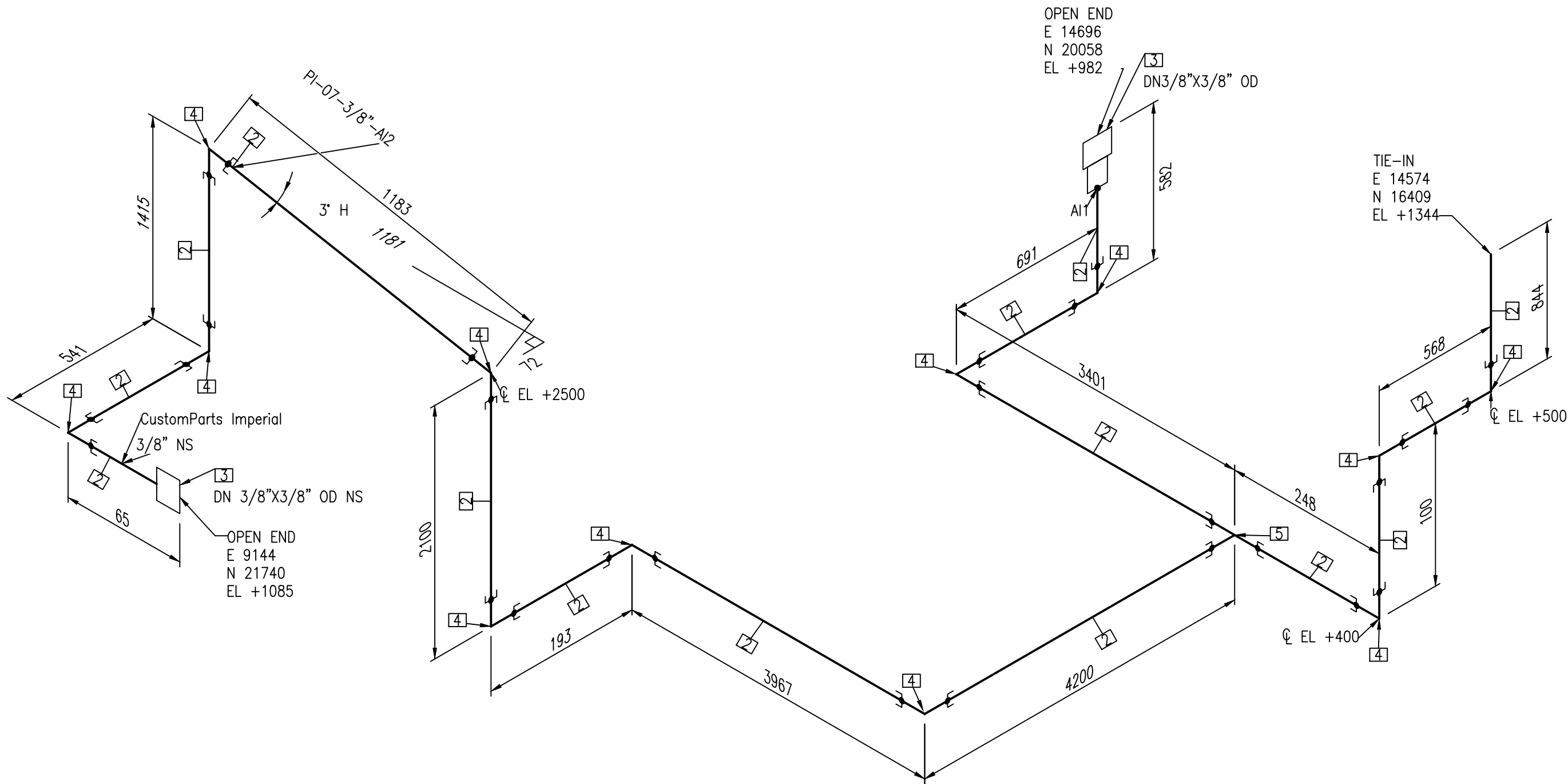
BILL OF MATERIALS

ID	QTY	ND	DESCRIPTION
1	2.5M	2"	PIPE, PE, ASTM A312-TP 316L, SCH 40S, EFW
2	1	2"	CAMLOCK FITTING TYPE A, TH, ASME B16.11, ASTM A403-WP 316L-S
3	2	2"	ELL 90 LR, BW, ASME B16.9, ASTM A403-WP 316-W
4	1	2"	ELL 45 LR, BW, ASME B16.9, ASTM A403-WP 316-W
5	1	2"	FLANGE SO, 150 LB RF, SS, ASTM A182 F316L, 125-250 AARH, ASME B16.5
6	2	2"	FLANGE WN, 150 LB RF, SS, ASTM A182 F316L, 125-250 AARH, ASME B16.5
7	12	5/8"x83	150 LB RF, ASTM A193 Gr. B8, ASME B18.2.1 / 150 LB RF, ASTM A194 Gr. 8, ASME B18.2.2
8	3	2"	GASKET, FLAT, 1/16" THK, RF, 150 LB, ASME B16.20, SPIRAL WOUND SS 316 + GRAPHITE with CS CENTER RING AND SS INTERIOR RING
9	1	2"	LEVER, 800 LB SW, SS, BODY, BONNET AND BALL ASTM A182 F316L -FULL PORT, BS/EN-17292
10	1	2"	BALL VALVE, LONG PATTERN, 150 LB, RF, ASME B16.10, 316 SS BODY W/ 316 SS TRIM , RTFE ST, FP GENEBRE 2528A
11	1	2"	CUSTOM TRUNNION/STANCHION
12	3	2"	CUSTOM CLAMP

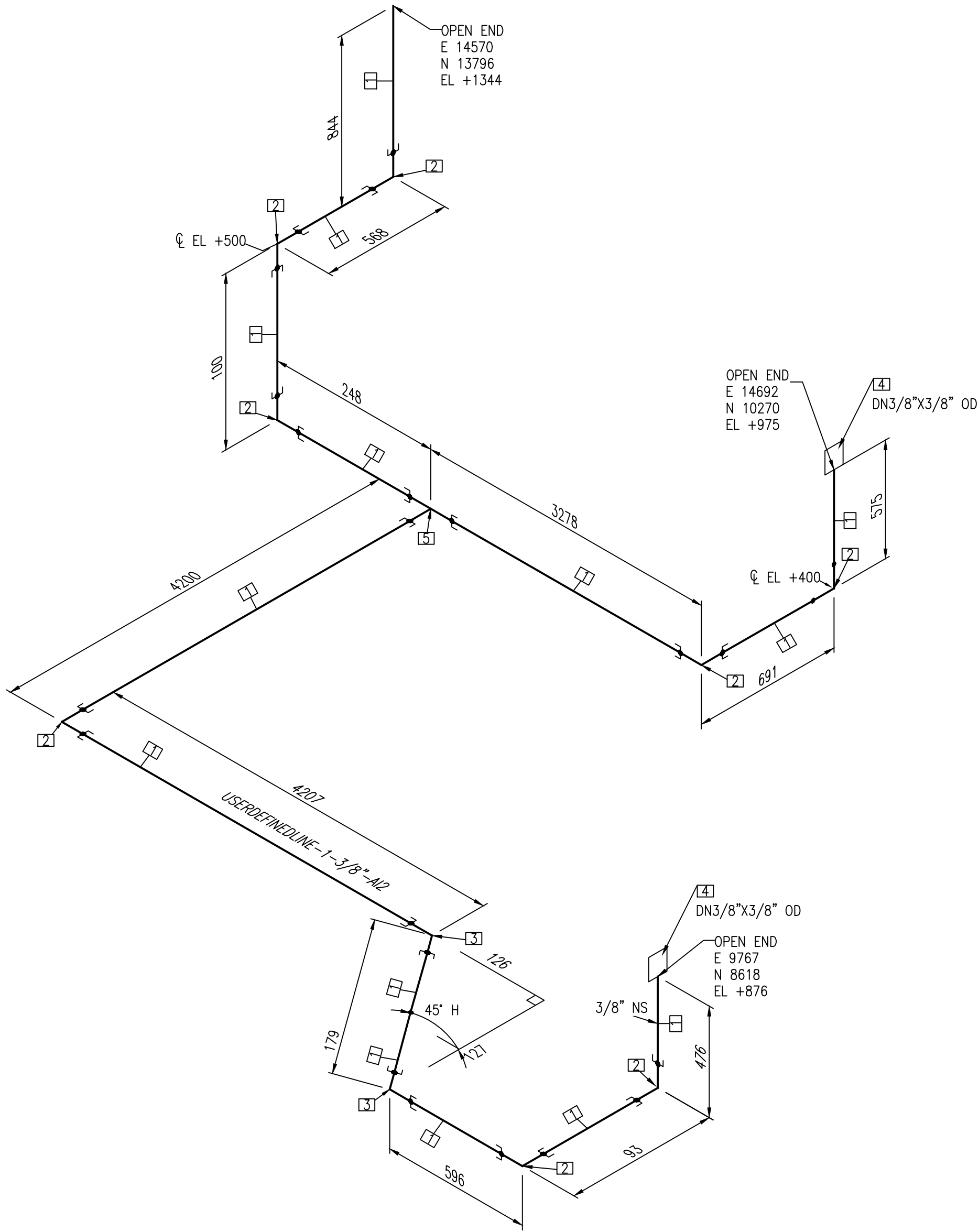
0	PARA CONSTRUCCION							23.05.23
REV.	DESCRIPCIÓN				DIBUJ.	CONT.	APROB	FECHA
CONFORME LA LEY VIGENTE ESTE PLANO ES PROPIEDAD INTELECTUAL DE PROYECTING S.A. Y NO PUEDE SER REPRODUCIDO NI COMUNICADO A TERCERAS PERSONAS SIN AUTORIZACION ESCRITA DE LA EMPRESA AUNQUE HAYAN SIDO MODIFICADOS								
					CLIENTE:		ESCALAS	
					CENTRAL VUELTA DE OBLIGADO		S/E	
					N° PLANO:		METODO	
					CVO-01-03-C-139-006			
	FECHA	NOMBRE	DENOMINACION:		OBRA:		HOJA:	REV:
DIBUJO	23-05-23		OP. VALVULAS EN ALTURA ISOMETRICO PI-06		CVO-DFE-UV_-CL-23001		1	0
REVISO	23-05-23						DE	
APROBO	23-05-23						1	



BILL OF MATERIALS			
ID	QTY	ND	DESCRIPTION
2	19.9M	3/8"	PIPE, SEAMLESS, 40S, PE, ASTM A312 TP 304L, SCH 40S
3	2	3/8"x1/4"	CONECTOR RECTO NPT 3/8 - 3/8 OD 304-W
4	12	3/8"	ELL 90, 3000 LB, SW, ASME B16.11WP 304L-W
5	1	3/8"	TEE, 3000 LB, SW, ASME B16.11WP 304L-W



0	PARA CONSTRUCCION								23.05.23
REV.	DESCRIPCIÓN					DIBUJ.	CONT.	APROB.	FECHA
CONFORME LA LEY VIGENTE ESTE PLANO ES PROPIEDAD INTELECTUAL DE PROYECTING S.A. Y NO PUEDE SER REPRODUCIDO NI COMUNICADO A TERCERAS PERSONAS SIN AUTORIZACION ESCRITA DE LA EMPRESA AUNQUE HAYAN SIDO MODIFICADOS									
						CLIENTE:		ESCALAS	
						CENTRAL VUELTA DE OBLIGADO		S/E	
						N° PLANO:		METODO	
						CVO-01-03-C-139-007			
	FECHA	NOMBRE	DENOMINACION:			OBRA:		HOJA:	REV:
DIBUJO	23-05-23		OP. VALVULAS EN ALTURA ISOMETRICO PI-07			CVO-DFE-UV_-CL-23001		1	0
REVISO	23-05-23							DE	
APROBO	23-05-23							1	



BILL OF MATERIALS			
ID	QTY	ND	DESCRIPTION
1	15.8M	3/8"	PIPE, SEAMLESS, 40S, PE, ASTM A312 TP 304L, SCH 40S
2	8	3/8"	ELL 90, 3000 LB, SW, ASME B16.11WP 304L-W
3	2	3/8"	ELL 45,3000 LB, SW, ASME B16.11WP 304L-W
4	2	3/8"	CONECTOR RECTO NPT 3/8 - 3/8 OD 304-W
5	1	3/8"	TEE, 3000 LB, SW, ASME B16.11WP 304L-W

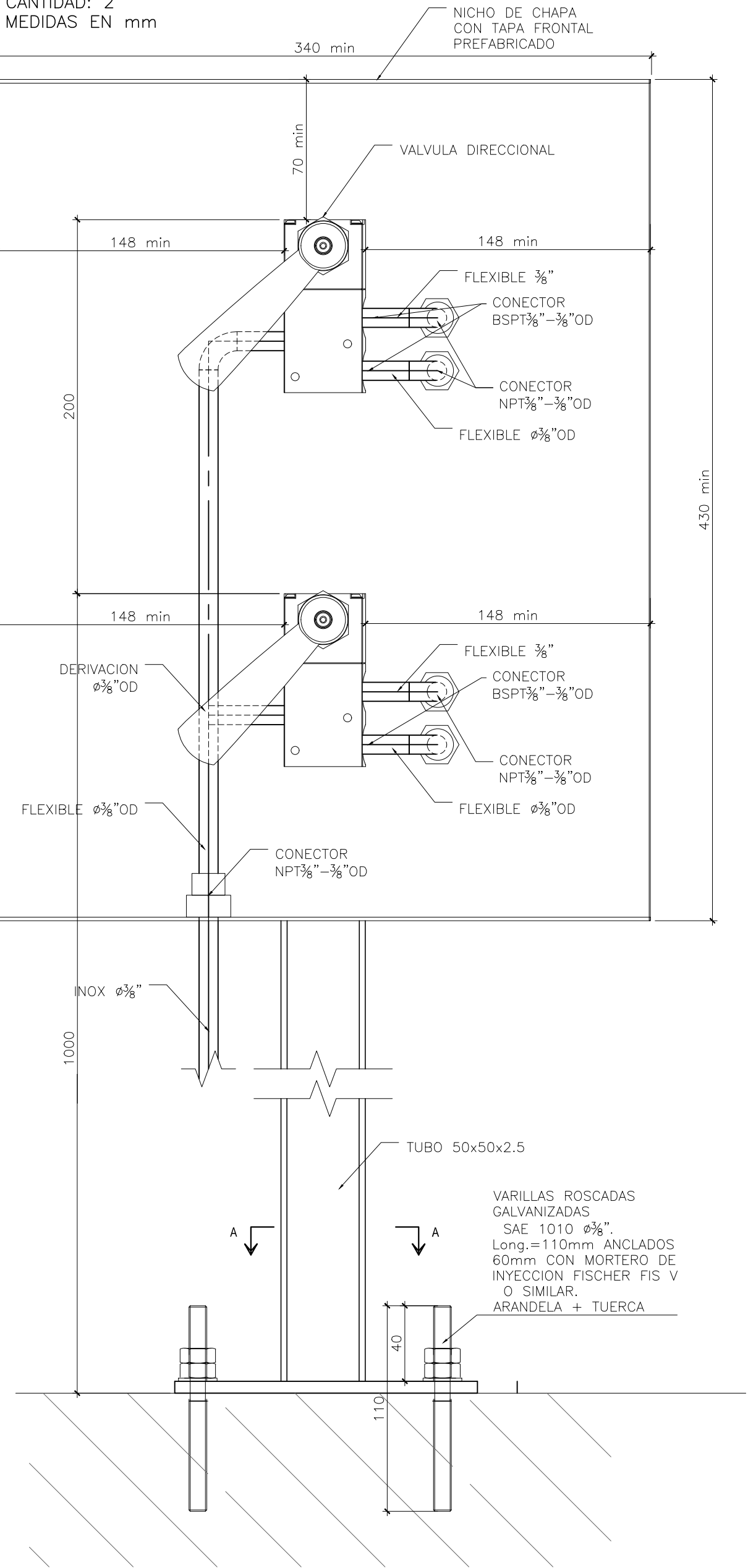
0	PARA CONSTRUCCION								23.05.23
REV.	DESCRIPCIÓN					DIBUJ.	CONT.	APROB.	FECHA
CONFORME LA LEY VIGENTE ESTE PLANO ES PROPIEDAD INTELECTUAL DE PROYECTING S.A. Y NO PUEDE SER REPRODUCIDO NI COMUNICADO A TERCERAS PERSONAS SIN AUTORIZACION ESCRITA DE LA EMPRESA AUNQUE HAYAN SIDO MODIFICADOS									
						CLIENTE:		ESCALAS	
						CENTRAL VUELTA DE OBLIGADO		S/E	
						N° PLANO:		METODO	
						CVO-01-03-C-139-006			
	FECHA	NOMBRE	DENOMINACION:			OBRA:		HOJA:	REV:
DIBUJO	23-05-23		OP. VALVULAS EN ALTURA ISOMETRICO PI-06			CVO-DFE-UV_-CL-23001		1	0
REVISO	23-05-23							DE	
APROBO	23-05-23							1	

Anexo A-7: Planos de Definición de Elementos Secundarios

- Detalle Gabinete GA-01
- Detalle Gabinete GA-02
- Detalle Soportes

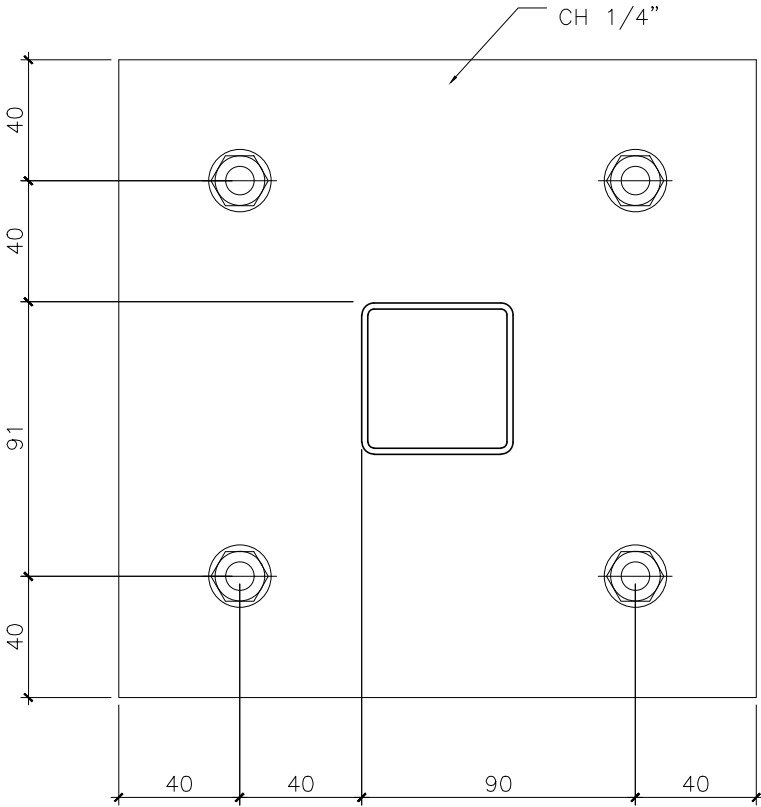
DETALLE GABINETE:

ESC 1:2.5
CANTIDAD: 2
MEDIDAS EN mm



CORTE A-A

ESC 1:2.5
MEDIDAS EN mm



- NOTAS:**
- MEDIDAS EN mm SALVO INDICACION CONTRARIA
 - NIVELES EN m REFERIDOS AL PISO DE PLANTA
 - TODAS LAS MEDIDAS SERAN VERIFICADAS EN OBRA Y COTEJADAS CON LOS PLANOS. CUALQUIER DIFERENCIA QUE SURGIERE DE AMBAS LECTURAS SERA CONSULTADA CON EL DIRECTOR DE OBRA.

0	PARA CONSTRUCCION				15.05.23
REV.	DESCRIPCION	DIBUJ.	CONT.	APROB.	FECHA
CONFORME LA LEY VIGENTE ESTE PLANO ES PROPIEDAD INTELECTUAL DE PROYECTING S.A. Y NO PUEDE SER REPRODUCIDO NI COMUNICADO A TERCERAS PERSONAS SIN AUTORIZACION ESCRITA DE LA EMPRESA AUNQUE HAYAN SIDO MODIFICADOS					
CLIENTE: CENTRAL VUELTA DE OBLIGADO				ESCALAS 1:25	
N° PLANO: CVO-01-03-C-132-002				METODO	
OBRA: CVO-DFE-UV_-CL-23001				HOJA: 1 DE 1	REV: 0
	FECHA	NOMBRE	DENOMINACION:		
DIBUJO	15-05-23		OP. VALVULAS EN ALTURA		
REVISO	15-05-23		DETALLE GA-02		
APROBO	15-05-23				

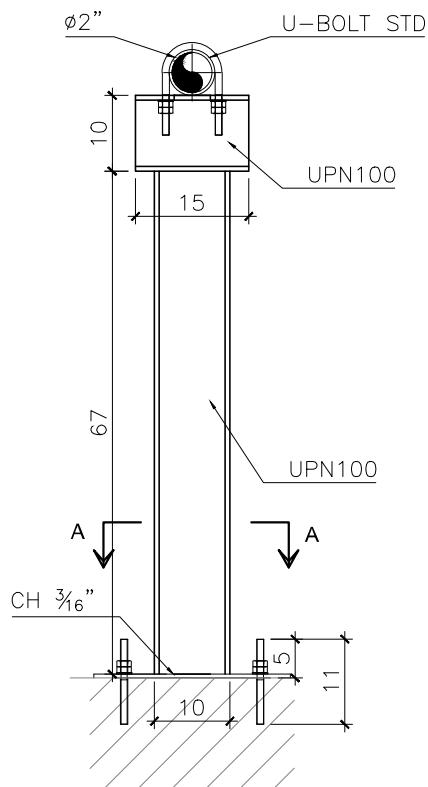
SOPORTE SOP-01:

ESC 1:10

MEDIDAS EN cm

NIVELES EN m

CANTIDAD: 6

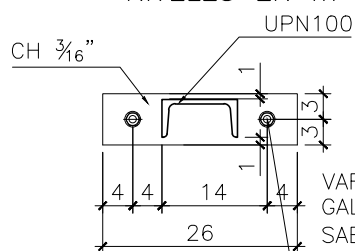


CORTE A-A:

ESC 1:10

MEDIDAS EN cm

NIVELES EN m



VARILLAS ROSCADAS
GALVANIZADAS
SAE 1010 $\phi 3/8$ ".
Long.=110mm ANCLADOS
60mm CON MORTERO DE
INYECCION FISCHER FIS V O
SIMILAR.
ARANDELA + TUERCA

NOTAS:

- LAS MEDIDAS ESTAN EN cm.
- CHAPAS Y PERFILES CALIDAD F24
- EL CATETO DEL CORDON DE SOLDADURA SERA IGUAL 0.7 DEL MENOR ESPESOR DE CHAPA O PERFIL A UNIR (MINIMO 4mm). SOLDAR SEGUN AWS 5.1 (ULTIMA VERSION)

0	PARA CONSTRUCCION							29.05.23
REV.	DESCRIPCIÓN				DIBUJ.	CONT.	APROB.	FECHA
CONFORME LA LEY VIGENTE ESTE PLANO ES PROPIEDAD INTELECTUAL DE PROYECTING S.A. Y NO PUEDE SER REPRODUCIDO NI COMUNICADO A TERCERAS PERSONAS SIN AUTORIZACION ESCRITA DE LA EMPRESA AUNQUE HAYAN SIDO MODIFICADOS								
					CLIENTE: CENTRAL VUELTA DE OBLIGADO			ESCALAS 1:10
					N° PLANO: CVO-01-03-C-166-001			METODO 
	FECHA	NOMBRE	DENOMINACION: OP. VALVULAS EN ALTURA SOPORTERIA TIPICA		OBRA: CVO-DFE-UV_-CL-23001		HOJA: 1 DE 5	
DIBUJO	29-05-23							
REVISO	29-05-23							
APROBO	29-05-23							
							REV: 0	

SOPORTE SOP-02:

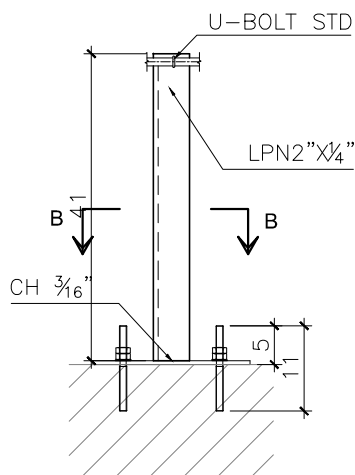
ESC 1:10

MEDIDAS EN cm

NIVELES EN m

CANTIDAD: 16

SEPARACIÓN MÁXIMA 1.5m

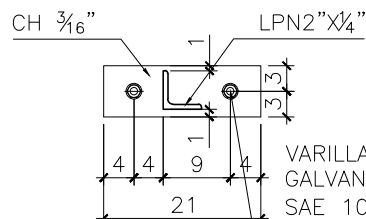


CORTE B-B:

ESC 1:10

MEDIDAS EN cm

NIVELES EN m



VARILLAS ROSCADAS
GALVANIZADAS
SAE 1010 $\phi \frac{3}{8}$ ".
Long.=110mm ANCLADOS
60mm CON MORTERO DE
INYECCION FISCHER FIS V
SIMILAR.
ARANDELA + TUERCA

NOTAS:

- LAS MEDIDAS ESTAN EN cm.
- CHAPAS Y PERFILES CALIDAD F24
- EL CATETO DEL CORDON DE SOLDADURA SERA IGUAL 0.7 DEL MENOR ESPESOR DE CHAPA O PERFIL A UNIR (MINIMO 4mm). SOLDAR SEGUN AWS 5.1 (ULTIMA VERSION)

0	PARA CONSTRUCCION				29.05.23
REV.	DESCRIPCIÓN	DIBUJ.	CONT.	APROB.	FECHA
CONFORME LA LEY VIGENTE ESTE PLANO ES PROPIEDAD INTELECTUAL DE PROYECTING S.A. Y NO PUEDE SER REPRODUCIDO NI COMUNICADO A TERCERAS PERSONAS SIN AUTORIZACION ESCRITA DE LA EMPRESA AUNQUE HAYAN SIDO MODIFICADOS					
		CLIENTE: CENTRAL VUELTA DE OBLIGADO			ESCALAS 1:10
		N° PLANO: CVO-01-03-C-166-001			METODO
	FECHA	NOMBRE	DENOMINACION:		OBRA:
DIBUJO	29-05-23		OP. VALVULAS EN ALTURA		HOJA: 2
REVISO	29-05-23		SOPORTERIA TIPICA		DE 5
APROBO	29-05-23				REV: 0

SOPORTE SOP-03:

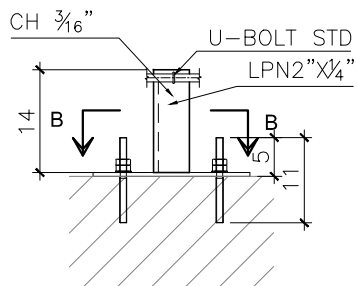
ESC 1:10

MEDIDAS EN cm

NIVELES EN m

CANTIDAD: 1

SEPARACIÓN MÁXIMA 1.5m

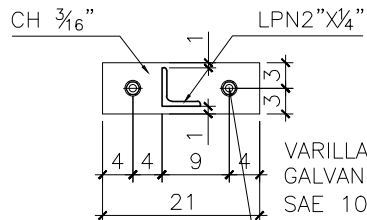


CORTE B-B:

ESC 1:10

MEDIDAS EN cm

NIVELES EN m



VARILLAS ROSCADAS
GALVANIZADAS
SAE 1010 $\phi 3/8$ "
Long.=110mm ANCLADOS
60mm CON MORTERO DE
INYECCION FISCHER FIS V O
SIMILAR.
ARANDELA + TUERCA

NOTAS:

- LAS MEDIDAS ESTAN EN cm.
- CHAPAS Y PERFILES CALIDAD F24
- EL CATETO DEL CORDON DE SOLDADURA SERA IGUAL 0.7 DEL MENOR ESPESOR DE CHAPA O PERFIL A UNIR (MINIMO 4mm). SOLDAR SEGUN AWS 5.1 (ULTIMA VERSION)

0	PARA CONSTRUCCION							29.05.23
REV.	DESCRIPCIÓN				DIBUJ.	CONT.	APROB.	FECHA
CONFORME LA LEY VIGENTE ESTE PLANO ES PROPIEDAD INTELECTUAL DE PROYECTING S.A. Y NO PUEDE SER REPRODUCIDO NI COMUNICADO A TERCERAS PERSONAS SIN AUTORIZACION ESCRITA DE LA EMPRESA AUNQUE HAYAN SIDO MODIFICADOS								
					CLIENTE: CENTRAL VUELTA DE OBLIGADO			ESCALAS 1:10
					N° PLANO: CVO-01-03-C-166-001			METODO
	FECHA	NOMBRE	DENOMINACION:		OBRA:		HOJA:	REV:
DIBUJO	29-05-23		OP. VALVULAS EN ALTURA		CVO-DFE-UV_-CL-23001		3	0
REVISO	29-05-23		SOPORTERIA TIPICA				DE	
APROBO	29-05-23						5	

SOPORTE SOP-04:

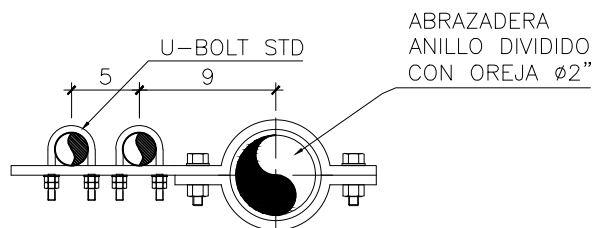
ESC 1:10

MEDIDAS EN cm

NIVELES EN m

CANTIDAD: 12

SEPARACIÓN MÁXIMA 1.5m



NOTAS:

- LAS MEDIDAS ESTAN EN cm.
- CHAPAS Y PERFILES CALIDAD F24

0	PARA CONSTRUCCION							29.05.23
REV.	DESCRIPCIÓN				DIBUJ.	CONT.	APROB.	FECHA
CONFORME LA LEY VIGENTE ESTE PLANO ES PROPIEDAD INTELECTUAL DE PROYECTING S.A. Y NO PUEDE SER REPRODUCIDO NI COMUNICADO A TERCERAS PERSONAS SIN AUTORIZACION ESCRITA DE LA EMPRESA AUNQUE HAYAN SIDO MODIFICADOS								
					CLIENTE: CENTRAL VUELTA DE OBLIGADO			ESCALAS 1:5
					N° PLANO: CVO-01-03-C-166-001			METODO
	FECHA	NOMBRE	DENOMINACION:		OBRA:		HOJA:	REV:
DIBUJO	29-05-23		OP. VALVULAS EN ALTURA		CVO-DFE-UV_-CL-23001		4	0
REVISO	29-05-23		SOPORTERIA TIPICA				DE	
APROBO	29-05-23						5	

SOPORTE SOP-05:

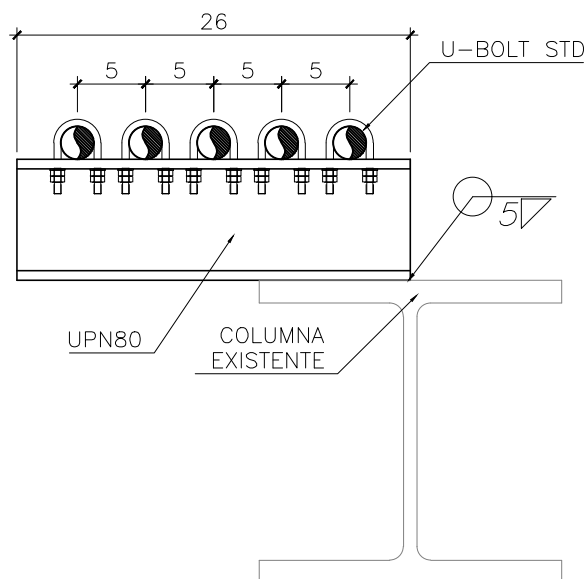
ESC 1:10

MEDIDAS EN cm

NIVELES EN m

CANTIDAD: 2

SEPARACIÓN MÁXIMA 1.5m



NOTAS:

- LAS MEDIDAS ESTAN EN cm.
- CHAPAS Y PERFILES CALIDAD F24
- EL CATETO DEL CORDON DE SOLDADURA SERA IGUAL 0.7 DEL MENOR ESPESOR DE CHAPA O PERFIL A UNIR (MINIMO 4mm). SOLDAR SEGUN AWS 5.1 (ULTIMA VERSION)

0	PARA CONSTRUCCION				29.05.23
REV.	DESCRIPCIÓN	DIBUJ.	CONT.	APROB.	FECHA
CONFORME LA LEY VIGENTE ESTE PLANO ES PROPIEDAD INTELECTUAL DE PROYECTING S.A. Y NO PUEDE SER REPRODUCIDO NI COMUNICADO A TERCERAS PERSONAS SIN AUTORIZACION ESCRITA DE LA EMPRESA AUNQUE HAYAN SIDO MODIFICADOS					
		CLIENTE: CENTRAL VUELTA DE OBLIGADO			ESCALAS 1:5
		N° PLANO: CVO-01-03-C-166-001			METODO
	FECHA	NOMBRE	DENOMINACION:		OBRA:
DIBUJO	29-05-23		OP. VALVULAS EN ALTURA		HOJA: 5 DE 5
REVISO	29-05-23		SOPORTERIA TIPICA		REV: 0
APROBO	29-05-23				

