

Universidad de Costa Rica
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química

**Elaboración de un análisis de riesgos para el proceso de envasado de los productos
oxígeno y dióxido de carbono en una empresa productora de gases industriales y
medicinales**

Informe de Práctica Dirigida sometido a la consideración de la Escuela de Ingeniería
Química como requisito para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Química

José Alejandro Céspedes Oreamuno

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio
San José, Costa Rica
2018

AGRADECIMIENTO

En primer lugar dar gracias a Dios, por darme la capacidad, fortaleza, paciencia y la oportunidad de realizar este proyecto.

A mis padres, por su sacrificio y gran apoyo durante mi etapa universitaria, por estar siempre que los necesité y por sus sabios consejos.

A mis hermanas, por todos los favores con los que me ayudaron y por ser un gran ejemplo de buenas estudiantes.

A Lau, por motivarme a concluir mi licenciatura, y por su comprensión, compañía y apoyo durante la realización de este proyecto.

A mis compañeros de carrera, por toda su amistad y su ayuda durante todos los años de estudio que estuvimos juntos.

A las profesoras que formaron parte del Comité Asesor, por su conocimiento, disposición y experiencia que hicieron que terminara el proyecto de buena forma.

Elaboración de un análisis de riesgos para el proceso de envasado de los productos oxígeno y dióxido de carbono en una empresa productora de gases industriales y medicinales

Práctica de graduación presentada ante la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de Costa Rica como requisito final para optar por el grado de Licenciada en Ingeniería Química

Sustentante:

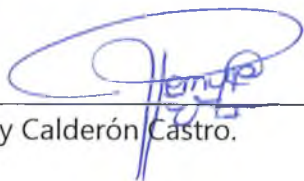
José Alejandro Céspedes Oreamuno

Aprobado por:



Ing. Randall Ramírez Loría, M. Sc.
Profesor

Presidente del Tribunal



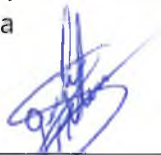
Ing. Jenny Calderón Castro.
Profesor

Directora de la Práctica Dirigida



Ing. Valerie Maynard Miranda.
Asesora técnica

Miembro lector



Ing. Allan Mora Vindas.
Profesor

Miembro Lector

Ing. Fernando González Chacón, M. Sc.
Profesor

Miembro invitado

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio
San José, Costa Rica
2018

RESUMEN

El presente documento es el resultado final de una práctica dirigida cuyo objetivo fue elaborar un análisis de riesgos para el proceso de envasado de los productos oxígeno y dióxido de carbono en una empresa productora de gases industriales y medicinales.

Para el logro de este objetivo se colaboró en la realización de la matriz de análisis de riesgos de cada uno de los nodos de los procesos de envasados de oxígeno y dióxido de carbono. Adicionalmente, también se propusieron acciones de mejora y acciones correctivas para cada una de las líneas que mostraban alguna deficiencia.

Al realizar el análisis de riesgos, se encontraron incumplimientos de diseño de los estándares de la compañía, además de deficiencias en la información documental del área operativa. La planta de producción se encuentra bajo un estricto programa de seguridad que tiene como fin mantener la seguridad de la misma, sin embargo los hallazgos encontrados podrían comprometer esta condición.

Entre los principales logros obtenidos en la práctica están la experiencia y criterio técnico para evaluar el proceso de producción y determinar el nivel de riesgo de cada uno de los nodos que conforman el sistema de llenado con base en aspectos de seguridad y diseño. Además, de determinar acciones de mejora que ayuden a mitigar la posibilidad de que ocurra un evento de seguridad.

ÍNDICE GENERAL

	<i>Página</i>
AGRADECIMIENTO.....	ii
RESUMEN.....	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Seguridad Industrial.....	1
1.2. Análisis de Riesgo del Proceso.....	2
1.3. Análisis de peligros y operatividad (HAZOP).....	3
1.4. Nodos de estudio.....	5
1.5. Hoja de cálculo.....	6
1.6. Características de los productos.....	11
CAPÍTULO 2: CARACTERÍSTICAS DE EQUIPOS.....	13
2.1. Tanques de almacenamiento.....	13
2.2. Bombas de llenado.....	14
2.3. Vaporizadores.....	15
2.4. Sistemas de evacuación de cilindros.....	16
2.5. Sistemas de llenado de llenado de oxígeno gas a alta presión.....	17
2.6. Básculas.....	18
2.7. Sistemas de alta presión.....	18
2.8. Sistemas de trasvase.....	19
2.9. Limpieza servicio oxígeno.....	20
2.10. Otras especificaciones.....	20
CAPÍTULO 3: CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN.....	22
3.1. Procedimientos de operación.....	22
3.2. Parámetros críticos de operación (COP's).....	23
3.3. Programa de mantenimiento.....	24
3.4. Programa de calibración.....	26
CAPÍTULO 4: ACCIONES DE MEJORA.....	27
4.1. Modificación de procedimientos de operación.....	30
4.2. Creación y modificación de parámetros críticos de operación (COP's).....	32

4.3. Generación de órdenes de trabajo	35
4.4. Señalización	38
Capítulo 5: ACCIONES CORRECTIVAS	39
5.1. Modificación de procedimientos de operación	40
5.2. Modificar el arreglo de las válvulas de retención de las líneas de vacío.....	41
5.3. Cambio de material de tubería de análisis.....	47
5.4. Cambio de material de tubería y accesorios en línea de llenado.....	50
5.5. Implementación de llenado por trasvase de cilindros de CO ₂	52
5.6. Instalación de válvula de seguridad	57
CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	61
6.1. Conclusiones	61
6.2. Recomendaciones.....	62
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
ANEXOS.....	67
Anexo 1. Análisis de riesgos para el proceso de envasado de los productos oxígeno y dióxido de carbono en una empresa productora de gases industriales y medicinales	67
Anexo 2. P&ID's del proceso de envasado de los productos oxígeno y dióxido de carbono en una empresa productora de gases industriales y medicinales	166

ÍNDICE DE CUADROS

	<i>Página</i>
Cuadro 1.3.1. Palabras guías para análisis HAZOP y su significado (Center for Chemical Process Safety, 1992).....	5
Cuadro 1.3.2. Parámetros comunes del proceso de análisis HAZOP (Argüello, 2004).....	5
Cuadro 1.5.1. Matriz de clasificación de frecuencia (Ryll, 2012).....	8
Cuadro 1.5.2. Matriz de clasificación de severidad (Ryll, 2012).....	9
Cuadro 1.5.3. Matriz de riesgo (Ryll, 2012).....	9
Cuadro 1.5.4. Nivel de riesgo (Ryll, 2012).....	10
Cuadro 2.2.1. Configuración y propósito de los interruptores de presión para bombas (Notaro, 1994).....	15
Cuadro 2.6.1. Especificación de básculas para llenado de cilindros de dióxido de carbono y líquidos refrigerados (Syed, 2012).....	18
Cuadro 2.7.1. Especificaciones de Presión de Sistemas Típicos, Puntos Establecidos y Presiones de Prueba (Johnson, 2008).....	19
Cuadro 2.10.1. Materiales aceptados para servicio de gases (Johnson, 2008).....	21
Cuadro 4.1. Resumen de las acciones de mejora propuestas.....	29
Cuadro 4.2.1. Parámetro Crítico de Operación - Válvulas candadeadas (bloqueadas) en posición abierta o cerrada	33
Cuadro 4.2.2. Parámetro Crítico de Operación - Baja temperatura en cilindros de oxígeno).....	34
Cuadro 4.3.1. Orden de trabajo de válvulas automáticas.....	36
Cuadro 4.3.2. Orden de trabajo del filtro STR01CO2.....	37
Cuadro 5.1. Resumen de las acciones correctivas propuestas.....	39
Cuadro 5.2.1. Propuestas para cambio de válvulas retención en sistemas de vacío.....	41
Cuadro 5.3.1. Cotización de materiales para línea de análisis de cilindros de oxígeno..	50
Cuadro 5.4.1. Cotización de materiales de material de tubería.....	52

Cuadro 5.5.1.	Cotización de materiales para llenado por trasvase de cilindros de CO ₂	55
Cuadro 5.5.2.	Cotización de báscula para llenado por trasvase de cilindros de CO ₂	55
Cuadro 5.5.3.	Parámetro Crítico de Operación – Sobrellenado de cilindros de dióxido de carbono con capacidad igual o menor a 4 kg.....	57
Cuadro 5.6.1.	Propuesta para instalación de válvulas de relevo de presión en panel de venteo.....	60

ÍNDICE DE FIGURAS

	<i>Página</i>
Figura 2.1.1.	Diagrama y especificaciones de diseño básicas de un tanque en servicio de dióxido de carbono (Taraboletti, 2001).....14
Figura 2.4.1.	Diagrama de sistema de evacuación (sistema de vacío) de cilindros (Oliveira, 2011).....16
Figura 4.1.	Nodos y variables evaluadas en el proceso de envasado de oxígeno.....27
Figura 4.2.	Nodos y variables evaluadas en el proceso de envasado de dióxido de carbono.....28
Figura 4.4.1.	Letrero de presiones del sistema.....38
Figura 5.2.1.	P&ID actual de bomba de vacío de bahía de llenado de cilindros de oxígeno de alta presión.....42
Figura 5.2.2.	P&ID actual de bomba de vacío de panel de llenado de cilindros de oxígeno de alta presión por trasvase43
Figura 5.2.3.	P&ID actual de bomba de vacío de panel de venteo y vacío de cilindros de dióxido de carbono44
Figura 5.2.4.	P&ID propuesto de bomba de vacío de bahía de llenado de cilindros de oxígeno de alta presión.....45
Figura 5.2.5.	P&ID propuesto de bomba de vacío de panel de llenado de cilindros de oxígeno de alta presión por trasvase.....46
Figura 5.2.6.	P&ID propuesto de bomba de vacío de panel de venteo y vacío de cilindros de dióxido de carbono.....47
Figuras 5.3.1.	P&ID actual de bahía de llenado de cilindros de oxígeno.....48
Figuras 5.3.2.	P&ID propuesto de bahía de llenado de cilindros de oxígeno.....49
Figuras 5.4.1.	Tuerca de acero inoxidable a la salida del gasificador Y-01O2.....51
Figuras 5.4.2.	Conector de acero inoxidable en manguera de cilindro madre de panel de trasvase.....51
Figuras 5.5.1.	P&ID general del sistema de llenado actual de cilindros de dióxido de carbono con una capacidad igual o menor a 4 kg.....53

Figuras 5.5.2.	P&ID propuesto para el llenado de cilindros de dióxido de carbono con una capacidad igual o menor a 4 kg.....	56
Figura 5.6.1.	P&ID de panel de venteo de cilindros de dióxido de carbono.....	58
Figura 5.6.2.	P&ID propuesto de panel de venteo de cilindros de dióxido de carbono.....	59

CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO

1.1. Seguridad Industrial

Durante mucho tiempo, el único objetivo de la protección de las personas trabajadoras en caso de accidente o enfermedad profesional, consistió en la reparación del daño causado y de aquí parte precisamente, la relación histórica con otra disciplina prevencionista, en la que la seguridad tuvo su origen, al señalar la necesidad de ésta como ideal de prevención primaria de los accidentes de trabajo (Guerrero, 2001).

Es por ello que hasta la fecha se siguen realizando prácticas y entrenamientos para estudiar los riesgos presentes en actividades productivas, y lograr minimizarlos a la hora que el trabajador entra en contacto con maquinaria, equipos, materias primas y productos, hasta llegar a lo que se ha manejado como seguridad industrial (Ramírez, 2005).

Los accidentes del trabajo constituye la base del estudio de la seguridad industrial, y lo enfoca desde el punto de vista preventivo, estudiando sus causas (por qué ocurren), sus fuentes (actividades comprometidas en el accidente), sus agentes (medios de trabajo participantes), su tipo (como se producen o desarrollan los hechos), todo ello con el fin de desarrollar la prevención. Los accidentes ocurren porque la gente comete actos incorrectos o porque los equipos, herramientas, maquinarias o lugares de trabajo no se encuentran en condiciones adecuadas. No todas las acciones inseguras producen accidentes, pero la repetición de un acto incorrecto puede producir un accidente, y no todas las condiciones inseguras producen accidentes, pero la permanencia de una condición insegura en el lugar de trabajo puede producir un accidente (Benavides, 2006).

La seguridad industrial es un área multidisciplinaria que se encarga de minimizar los riesgos en la industria, y parte del supuesto de que toda actividad industrial tiene peligros inherentes que necesitan de una correcta gestión (Guerrero, 2001).

1.2. Análisis de Riesgo del Proceso

La habilidad para asegurar la seguridad de un proceso en una instalación es influenciada por varias cosas: por ejemplo, el empleo de tecnología apropiada en el diseño y la construcción, anticipar los efectos de circunstancias externas, obtener reportes de errores similares para aprender de los incidentes, y tener sistemas administrativos efectivos. Todos estos esfuerzos dependen de un programa de evaluación de peligros exitoso; sin estas evaluaciones, la compañía no conocerá cuales medidas de protección son necesarias (Bridges, 2008).

Un programa de evaluación de peligros exitoso requiere un apoyo de gestión tangible, información de datos y dibujos actualizados y selección de técnicas (Bridges, 2008).

El proceso de análisis de riesgo ofrece un mecanismo de revisión sistemática del diseño y operación de una instalación para identificar la aparición de peligrosos eventos con consecuencias potenciales en:

- El personal.
- La propiedad
- La producción.
- El ambiente.
- La reputación (Vilchez, 2015).

El objetivo principal de un análisis de riesgo es la identificación de posibles situaciones de peligro. La generación de recomendaciones o acciones correctivas, es un objetivo secundario (pero también es importante). Este tipo de análisis no solo puede ser aplicado a procesos químicos continuos o por lote, sino que también para operaciones de almacenamiento, transporte, y otros sistemas de producción, manufactura y soporte (Vilchez, 2015).

Hay muchos métodos de análisis de seguridad revisados que están disponibles y pueden ser aplicados a una instalación o un diseño de proyecto para superar los errores humanos y los diversos fallos del sistema del proceso. Los métodos pueden ser cualitativos o cuantitativos en naturaleza. Entre ellos:

- Lista de verificación.
- Qué pasa si.
- Qué pasa si/lista de verificación.
- HAZOP (análisis de peligros y operatividad).
- FMEA (Análisis de Efectos y Modo de Falla) (Nolan, 2014).

Los métodos cuantitativos se aplican generalmente para obtener una evaluación más precisa de un peligro identificado. Estos se emplean típicamente para las evaluaciones de diseño y resolución de las recomendaciones cuando el riesgo es identificado por encima de los niveles aceptables de la industria normalmente y cuando los principales gastos de capital necesitan una justificación adicional (Nolan, 2014).

Para cualquiera de los métodos que sea utilizado, el análisis de riesgo del proceso deberá tomar en cuenta lo siguiente:

- Los riesgos del proceso.
- La investigación de cualquier incidente previo que haya tenido un potencial probable de consecuencias catastróficas.
- Controles administrativos y de ingeniería aplicables, como la aplicación adecuada de metodologías de detección para proporcionar una alerta temprana de liberaciones.
- Consecuencias de la falla de controles administrativos y de ingeniería.
- Localización de fuentes estacionarias.
- Factores humanos.
- Una evaluación cualitativa de una gama de los posibles efectos de seguridad y salud de fallo de los controles (EPCRA, 2008).

1.3. Análisis de peligros y operatividad (HAZOP)

El análisis de peligros y operatividad (HAZOP) fue desarrollado originalmente para identificar los riesgos y problemas de operabilidad en plantas de procesos químicos, en particular para los procesos que utilizan las tecnologías con las que la planta no estaba

familiarizada. Se ha encontrado que la técnica es útil para los procesos existentes también (EPCRA, 2008).

La técnica se puede utilizar para procesos continuos o por lotes y puede adaptarse para evaluar procedimientos escritos. Se puede utilizar en cualquier etapa de la vida de un proceso (EPCRA, 2008).

Esencialmente, el procedimiento HAZOP involucra tener la descripción y documentación completa de la planta y sistemáticamente cuestionar cada parte, para identificar como se pueden producir desviaciones del intento de diseño. Una vez identificados, se hace una evaluación, para determinar si tales desviaciones y sus consecuencias, pueden tener un efecto negativo en la seguridad y operación eficiente de la planta. Si se considera necesario, se establecen acciones para remediar la situación (Martínez, 2002).

El estudio HAZOP se focaliza en puntos específicos del proceso u operación llamados “nodos de estudio”, secciones de proceso o pasos operacionales. Uno a la vez, se examina cada sección o paso de proceso para detectar desviaciones potencialmente peligrosas, derivándose de aquí, a todo un conjunto de palabras guía. El propósito de estas palabras guía es el de asegurar que todas las desviaciones importantes de los parámetros del proceso puedan evaluarse a cabalidad. Generalmente, el equipo considera un número moderado de desviaciones para cada sección o paso e identifica sus causas y consecuencias potenciales (Center for Chemical Process Safety, 1992).

Los HAZOPs por lo general requieren una evaluación sistemáticamente del impacto de las desviaciones a través de dibujos del proceso, para lo cual se utilizan un conjunto fijo de palabras guía y se aplican a los parámetros de proceso en cada punto del proceso (EPCRA, 2008). Las palabras guías más comunes (estándar y auxiliares) se muestran en el cuadro 1.3.1. (Center for Chemical Process Safety, 1992).

Cuadro 1.3.1. Palabras guías para análisis HAZOP y su significado (Center for Chemical Process Safety, 1992).

Palabra Guía	Significado
No	Negación a la intención de diseño
Menos	Decrecimiento cualitativo
Más	Incremento cualitativo
Parte de	Decrecimiento cualitativo
Tan bien como	Incremento cualitativo
Reverso	Oposición lógico del intento
Otro como	Sustitución completa

Estas palabras guías no son las únicas que pueden emplearse y ciertas empresas u organizaciones han realizado varias modificaciones para expresar mejor determinadas situaciones. Las palabras guías se aplican tanto a los parámetros generales del proceso como aquellos relacionados con aspectos más específicos del mismo. Usualmente con los parámetros más generales, se suele tener más de una desviación en la aplicación de una palabra guía. En el cuadro 1.3.2. se muestran un conjunto de parámetros comunes del proceso de análisis (Argüello, 2004).

Cuadro 1.3.2. Parámetros comunes del proceso de análisis HAZOP (Argüello, 2004).

Flujo	Nivel	Mezclado	Instrumentos
Presión	Tiempo	Adición	Mantenimiento
Temperatura	Voltaje	Separación	Aislamiento
Composición	Frecuencia	Reacción	Drenado
Velocidad	Información	Absorción	Purga
Viscosidad	Estática	Adsorción	Puesta en marcha
PH	Corrosión	Alivio	Apagado

En términos simples, el proceso de estudio HAZOP involucra aplicar de manera sistemática, todas las combinaciones relevantes de palabras claves, en un esfuerzo de descubrir problemas potenciales. Los resultados se registran, en un formato de tabla o matriz (Martínez, 2002).

1.4. Nodos de estudio

En el análisis HAZOP, el proceso se divide en partes más pequeñas (o subsistemas) llamados “nodos”, los cuales tienen una finalidad común. Los parámetros pueden adoptar valores característicos en valor absoluto o variar en un rango o gradiente que se desea mantener

estable o controlado. Generalmente un nodo es un equipo principal, un tramo de tubería o un conjunto de equipos o tramos de tuberías funcionalmente interconectados. Los nodos se numerarán y deberán ser definidos de una forma clara y unívoca que impida errores en la interpretación de la extensión de los mismos, incluyendo las referencias que se precisen a los equipos, válvulas y líneas principales que se asocian al nodo (Marlin, 2014).

A cada nodo, se le asignará una intención. Se entiende por intención un descriptivo de la operación segura que se espera del nodo, indicando los rangos operativos normales de los parámetros más significativos (caudal, presión, temperatura, etc.). La intención del nodo agrupa cada una de las intenciones particulares de los parámetros de proceso utilizados. Durante las sesiones HAZOP se confirma la intención del nodo y los datos operativos que caracterizan la operación normal asignada al mismo (Marlin, 2014).

1.5. Hoja de cálculo

En términos simples, el proceso HAZOP comprende la aplicación de una manera sistemática, todas las combinaciones relevantes de palabras claves, al proceso u operación bajo estudio, en un esfuerzo de descubrir problemas potenciales. (Brenes, 2004).

Los resultados serán registrados en hojas de cálculo, una hoja de cálculo típica tiene ocho columnas, las cuales se describen a continuación:

1. Primera columna: Peligro.

Esta columna contiene el peligro identificado para el módulo de análisis en estudio. En general, los peligros son eventos accidentales que tienen el potencial para causar daños a las instalaciones, operadores, personas o el ambiente. Además, los peligros en general, se refieren a eventos tales como liberación de material inflamable o tóxico, entre otros (Galante, 2014).

2. Segunda columna: Causa.

Estas son las razones por las que los peligros pueden ocurrir. Una vez que un peligro ha mostrado tener una causa creíble, este puede tratarse como un peligro significativo. Estas causas pueden incluir tanto fallas intrínsecas de equipos (fugas, ruptura, instrumentación, etc.), estados de proceso no anticipados (por ejemplo cambios de composición), interrupciones externas (por ejemplo pérdida de potencia) así como errores humanos en operación y mantenimiento. Las causas deben estar definidas con el suficiente nivel de detalle en su formulación para identificar adecuadamente las consecuencias (Galante, 2014).

3. Tercera columna: Método de detección.

La instalación de modos disponibles para la detección de peligros identificados en la primera columna son listados en esta columna. La detección de la ocurrencia de un peligro puede ser desarrollado por instrumentación (alarmas de presión, temperatura, etc.) o a través de percepción humana (visual, olfativa, etc.) (Galante, 2014).

4. Cuarta columna: Consecuencias.

Acá las consecuencias son listadas. Los efectos principales de los accidentes implicados incluyen sustancias tóxicas e inflamables (Galante, 2014). Las consecuencias que se producirían, como efecto de la desviación o por efectos de la causa por sí misma. Al evaluar las consecuencias, no se deben considerar los sistemas de protección o los instrumentos ya incluidos en el diseño (Brenes, 2004).

5. Quinta columna: Parámetro de frecuencia.

Un escenario de accidente es definido como la combinación de los peligros identificados, estos escenarios están categorizados por su frecuencia, la cual da una indicación cualitativa de la frecuencia esperada de ocurrencia como se define en el Cuadro 1.5.1. (Galante, 2014). Asignar un número a la probabilidad esperada (frecuencia) de ocurrencia para el escenario e

introducirlo en la columna respectiva de la hoja de trabajo. La frecuencia debería tener en cuenta las garantías existentes y la probabilidad de que funcionen según lo previsto y prevenir las consecuencias que se produzcan según los datos del Cuadro 1.5.1. (Ryll, 2012).

Cuadro 1.5.1. Matriz de clasificación de frecuencia (Ryll, 2012).

Clasificación de la frecuencia	Descripción	Frecuencia de la ocurrencia
1	Frecuente	1 en un año (posible que ocurra frecuentemente)
2	Probable	1 en 5 años (posible que ocurra bajo circunstancias normales)
3	Ocasional	1 en 15 años (posible que ocurra bajo circunstancias inusuales)
4	Remoto	1 en 30 años (posible que ocurra durante la vida útil de la planta)
5	Improbable	1 en 100 años (es posible, pero no es probable que ocurra durante la vida útil de la planta)

6. Sexta columna: Parámetro de severidad.

Los escenarios de accidentes son clasificados en categorías de severidad, la cual provee una indicación cualitativa de la severidad de las consecuencias de cada uno de los escenarios identificados. En el Cuadro 1.5.2. se muestra el set de parámetros para la severidad (Galante, 2014).

Evaluar la severidad (criticidad) de las consecuencias del escenario (efectos sobre la salud de los trabajadores, sobre la salud de las personas situadas en el exterior de la planta, impacto medioambiental, daño a la propiedad) como si todas las garantías enumeradas para el escenario particular no existían o no funcionaron como se esperaba. Asignar un número a la gravedad de la situación en base al Cuadro 1.5.2. e introducirlo en la columna respectiva de la hoja de trabajo (Ryll, 2012).

Cuadro 1.5.2. Matriz de clasificación de severidad (Ryll, 2012).

Clasificación de la criticidad	Descripción	Consecuencia
1	Catastrófico	Fatalidad
2	Severo	Lesión registrable, lesión con tiempo perdido, daños mayor a la propiedad o a los equipos
3	Moderado	Lesión menor
4	Leve	Sin lesiones, daños menores a la propiedad o a los equipos
5	Despreciable	Problema operativo recuperable

7. Sétima columna: Código de evaluación de riesgo

Combinando la categoría de la frecuencia (Cuadro 1.5.1.), con la severidad (Cuadro 1.5.2.), se obtiene la matriz de riesgo mostrada en el Cuadro 1.5.3., el cual provee una indicación cualitativa del nivel de riesgo de cada escenario identificado en el análisis (Galante, 2014).

Las desviaciones tienen asignadas una clasificación de severidad basada en las consecuencias sin tomar en cuenta las medidas de mitigación que se tienen. Las clasificaciones de frecuencia están asignadas tomando en cuenta las medidas de mitigación colocadas para evitar la desviación. Por lo tanto, mientras un evento puede ser calificado como severo, la frecuencia puede ser considerada remota si las salvaguardas existen para evitar ese escenario (Ryll, 2012).

Cuadro 1.5.3. Matriz de riesgo (Ryll, 2012).

Frecuencia	1	4	4	2	1	1
	2	4	4	3	2	1
	3	4	4	4	3	1
	4	4	4	4	3	2
	5	4	4	4	4	4
		5	4	3	2	1
		Criticidad				

A través de la matriz de riesgos es posible realizar una ubicación de los riesgos encontrados en el sistema que se está evaluando. Es aplicable a la mayoría de los procesos a pesar que no entrega un resultado detallado de los riesgos y peligros evaluados sino una visión generalizada y aproximada de los mismos (Arbeláez, 2016).

El nivel de riesgo usado en la matriz está definido en el Cuadro 1.5.4. (Ryll, 2012).

Cuadro 1.5.4. Nivel de riesgo (Ryll, 2012).

Clasificación del nivel de riesgo	Descripción	Definición
1	Inaceptable	Debe ser mitigado con ingeniería o una acción administrativa a un nivel de riesgo 3 o menor dentro de 6 meses
2	Indeseable	Debe ser mitigado con ingeniería o una acción administrativa a un nivel de riesgo 3 o menor dentro de 12 meses
3	Aceptable con los controles existentes	Verificar que los procedimientos y los controles están en su lugar
4	Aceptable	No se requiere ninguna otra medida

8. Octava columna: Medidas de control.

Esta columna contiene las medidas que se deben tomar para reducir la frecuencia o severidad del accidente o cualquier comentario pertinente al escenario (Galante, 2014).

Donde una causa creíble, resulte en una consecuencia negativa, se debe decidir si se debe tomar una acción. Es en esta etapa, en donde las consecuencias y sus controles asociados se consideran importantes. Si se está de acuerdo en que las medidas de protección propuestas son adecuadas, entonces no se hace necesario tomar alguna acción o recomendación sobre el problema. Las acciones caen en dos categorías:

- Acciones que eliminan la causa.
- Acciones que mitigan o eliminan las consecuencias (Argüello, 2004).

Obviamente es preferible la primera, sin embargo, esto no es siempre posible, especialmente al trabajar con equipo en mal funcionamiento. Sin embargo, siempre se busca eliminar primero la causa y solo donde sea necesario, mitigar las consecuencias (Argüello, 2004).

1.6. Características de los productos

Oxígeno

El oxígeno a temperatura ambiente es un gas incoloro y sin olor. En estado gaseoso constituye el 21 % del aire y es aproximadamente 1.1 veces más pesado que este, en estado líquido es un producto extremadamente frío (alcanza una temperatura de $-183\text{ }^{\circ}\text{C}$). El oxígeno no es inflamable, pero alimenta la combustión. El peligro físico más grave asociado con escapes de este gas se relaciona con su poder oxidante, ya que reacciona violentamente con materias combustibles y puede causar fuego o explosión (Air liquide, 2012).

El oxígeno se utiliza para mejorar el rendimiento de un amplio número de procesos petroquímicos, por ejemplo puede utilizarse en síntesis química para enriquecer el aire durante la fermentación para el tratamiento de aguas residuales, en piscifactoría en inyección de gas (oxigenación) y en la creación de atmósferas modificadas para envasado de carnes, en aplicaciones medicinales para los tratamientos de insuficiencias respiratorias, en procesos de asociación con acetileno o gas licuado de petróleo para aumentar la intensidad de las propiedades de las llamas de los quemadores, y en la industria petrolera para enriquecer la regeneración del aire en unidades de craqueo catalítico de fluidos (Air liquide, 2012).

Dióxido de carbono

El dióxido de carbono (CO_2) es el resultado de la combinación de dos elementos: carbono y oxígeno. Se produce por diversos procesos: combustión de carbón e hidrocarburos, fermentación y respiración de humanos y animales. El CO_2 tiene un olor ligeramente irritante, es incoloro y más pesado que el aire, se congela a $-78.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ para producir nieve carbónica (Air liquide, 2012).

El CO₂ se utiliza en la industria alimentaria en la carbonatación de bebidas y en el envasado de productos alimenticios gracias a sus propiedades de inertización, en la industria química para llevar a cabo operaciones de purificación, además de aplicarse en el tratamiento de aguas residuales, control de temperatura de reactores entre otras (Air liquide, 2012).

Basado en la información de este capítulo, se tiene la documentación teórica necesaria para realizar el análisis de riesgos del proceso, seleccionando el método Hazop el cual es el requerido por la compañía para estudios de este tipo, la selección de los nodos de operación que se evaluarán durante el análisis, la manera de calcular el nivel de riesgo de cada línea revisada así como la interpretación del valor obtenido para determinar si es necesario o no proponer acciones de mejora o correctivas.

CAPÍTULO 2: CARACTERÍSTICAS DE EQUIPOS

Como parte del análisis de riesgos a realizar, se requieren analizar los equipos, instrumentos y materiales involucrados en el proceso de llenado de oxígeno y dióxido de carbono, por lo tanto se debe conocer las características básicas y requerimientos de cada uno de ellos.

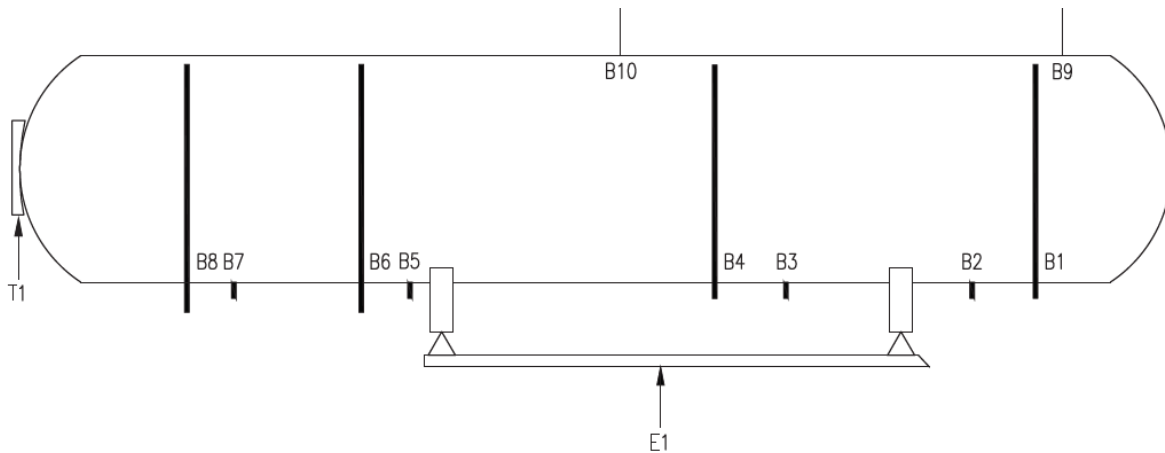
Para ello se estudiaron las características y requisitos de operación y diseño de los procesos de envasado de oxígeno gaseoso a alta presión, oxígeno líquido a baja presión y dióxido de carbono con base a los estándares internos de la compañía sobre los cuales se podrán sugerir acciones correctivas.

2.1. Tanques de almacenamiento

Los tanques de almacenamiento de oxígeno deberán estar diseñados según las regulaciones especificadas por la compañía teniendo en cuenta la presión de servicio. Estos equipos deben estar equipados con dispositivos de relevo de presión los cuales estarán determinados por las presiones de diseño y prueba que se establecieron durante la fabricación del mismo. Además deben contar con espacio suficiente para contener el producto gasificado (Notaro, 1994).

La configuración general del tanque de dióxido de carbono debe ser en forma de un cilindro con el eje horizontal, y debe ser diseñado, construido, inspeccionado, probado y estampado de acuerdo a la presión máxima de trabajo permitida y deberá estar diseñado para una temperatura mínima de $-29\text{ }^{\circ}\text{C}$. Todas las líneas de la fase líquida deben llegar al fondo del tanque y las líneas de fase gas deben llegar cerca de la parte superior del contenedor (Taraboletti, 2001).

El esquema básico de un tanque en servicio de dióxido de carbono así como sus especificaciones de diseño se muestra en la Figura 2.1.1.



Datos de diseño	
Material	Acero al carbón
Presión de trabajo	< presión de diseño
Presión de diseño	2413 kPa (350 psig)
Presión de prueba	3620 kPa (525 psig)
Temperatura de trabajo	-17,8 °C
Temperatura de diseño	-28,9 °C
Corrosión permitida	0 mm
Aislamiento (poliuretano)	150 mm
Capacidad de CO ₂	Según requerimiento (kg)

Datos de las boquillas	
Etiqueta	Servicio
B1	Ecualización (gas)
B2	Entrada de líquido
B3	Succión de bomba
B4	Retorno de bomba
B5	Disponibile (líquido)
B6	Disponibile (gas)
B7	Disponibile (líquido)
B8	Disponibile (gas)
B9	Válvula de seguridad
B10	Refrigerante
E1	Báscula
T1	Tapa (entrada al tanque)

Figura 2.1.1. Vista lateral, diagrama y especificaciones de diseño básicas de un tanque en servicio de dióxido de carbono (Taraboletti, 2001).

2.2. Bombas de llenado

Las bombas de llenado deberán estar diseñadas para liberar la capacidad a la presión de descarga con la presión de succión de diseño. La bomba debe incluir un dispositivo de detección de cebado para permitir el arranque de la misma tan pronto esté suficientemente

fría y prevenir la operación de la bomba sin suficiente cabeza de succión positiva neta (NPSH por sus siglas en inglés).

La bomba deberá incluir controles para sobrepresurización para detenerla en caso de una presión de descarga alta anormal. Además deberá estar provista con una válvula de seguridad del tamaño y la capacidad necesaria. La bombas para alta presión deberá incluir tres interruptores de presión, la configuración y propósito de los interruptores son listados en el Cuadro 2.2.1 (Notaro, 1994).

Cuadro 2.2.1. Configuración y propósito de los interruptores de presión para bombas (Notaro, 1994).

Número de interruptor	Presión (psig)	Propósito
1	2400	Activa una alarma para advertir la presión actual de la bomba
2	3150	Interruptor de paro de la bomba para llenado de cilindros tipo K y T
3	3250	Interruptor de paro de apoyo

2.3. Vaporizadores

Los vaporizadores deberán estar calificados para un tiempo basado en 21 °C ambientales y 70 % de humedad relativa, sin viento y sin sol, con un ΔT máximo de 11 °C desde la temperatura ambiente a la salida del vaporizador. Los materiales deben soportar al menos -196 °C, para servicio oxígeno materiales con aleación de cobre con menos de un 2 % de aluminio, cobre-níquel o monel pueden ser utilizados sin restricción de velocidad (Notaro, 1994).

Un sensor de temperatura deberá ser instalado aguas arriba del vaporizador para detectar la presencia de producto a baja temperatura a la salida del mismo debido a una falla mecánica y aislar el vaporizador de la fuente de líquido criogénico (Clay, 2007).

2.4. Sistemas de evacuación de cilindros

Todos los sistemas de llenado o procesamiento de cilindros deberán estar equipados con un sistema de bomba de vacío para evacuar los cilindros antes de llenarlos como el que se muestra en la Figura 2.4.1. (Oliveira, 2011).

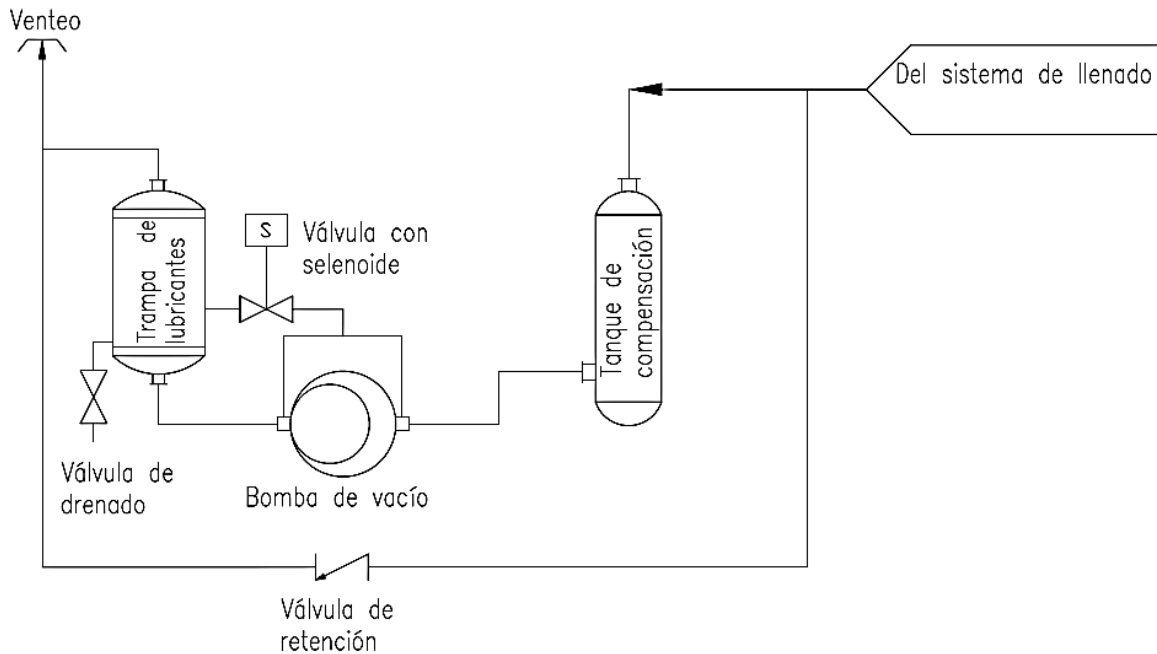


Figura 2.4.1. Diagrama de sistema de evacuación (sistema de vacío) de cilindros (Oliveira, 2011).

Se deberá instalar una trampa de lubricantes en la línea de entrada de cada bomba de vacío para evitar contraflujo del lubricante de la bomba al sistema de llenado o cilindros. La trampa de lubricantes deberá ser lo suficientemente grande como para contener todo el lubricante de la bomba y deberá contar con una válvula de drenado, o una trampa que drene directamente a la bomba de vacío (Oliveira, 2011).

Se requerirá de protección en contra de sobrepresión para garantizar que la bomba de vacío no pueda presurizarse a más de 7 psig. La válvula de retención (de seguridad) cargada de resortes de 5 cm permite descargar el venteo al exterior y se podrá utilizar para todos los paneles grandes, por ejemplo, 24 cilindros. Las siguientes válvulas retención (de seguridad), cargadas de resortes de 5 cm se tienen disponibles:

- Válvula retención (de seguridad) Nibco: Modelo T-413 Y - 2" (FNPT) o S-4134 Y-2" (soldado a tope) (bronce) modificada con disco de Viton suave.
- Válvula retención (de seguridad) BIVCO: Modelo 1032 S00T-0.5C (acero inoxidable).
- Válvula retención (de seguridad) BIVCO: Modelo 1032 B00T-0.5c (latón) (Oliveira, 2011).

Las bombas de vacío deberán ser instaladas lo más cerca posible al sistema de llenado para reducir así el tiempo de evacuación. Las líneas de entrada a las bombas de vacío deberán hacerse de tubo de diámetro grande, por lo menos 50 mm de diámetro para distancias cortas, incrementando de 50 mm a 76 mm para distancias de 3 m a 5 m o mayores y todo el escape deberá entubarse a exteriores de los edificios o a sistemas de desecho de producto (Oliveira, 2011).

2.5. Sistemas de llenado de llenado de oxígeno gas a alta presión

Todos los sistemas de llenado de gases medicinales deberán mantenerse limpios y no deberán contener aceite, grasa, mugre, u otro tipo de contaminación y deberán mantenerse en buenas condiciones. Los sistemas de llenado de gases medicinales deberán utilizarse para llenar gases industriales y especiales no tóxicos si esto es permitido por la reglamentación local, si la pureza y especificación del producto medicinal se mantiene. La pureza de producto no medicinal deberá ser igual o mejor a la del producto medicinal (Syed, 2013).

Las válvulas para sistemas que se encuentran en servicio de oxígeno gaseoso a alta presión deberán contar con soporte de cobre, así como materiales no ferrosos con un contenido de aluminio que sea inferior al dos por ciento; así como aleaciones de cuproníquel o Monel. Las mangueras de llenado podrán ser de acero inoxidable y deben cumplir con los límites de velocidad, aquellas con un diámetro interno inferior a 12.7 mm (½ in) y mayor a 0.3 m (1 ft) de largo deberán contar con sujetadores (líneas de seguridad) para evitar el latiguelo en caso de que haya una falla de manguera (Syed, 2013).

Se deberá conectar un número adecuado de cilindros con el sistema de llenado para limitar la velocidad a un rango aceptable. Además las mangueras flexibles con revestimiento de teflón en sistemas de oxígeno de alta presión deberán contar con disipadores térmicos para absorber el calor generado por la compresión y evitar la ignición del revestimiento de teflón (Syed, 2013).

2.6. Básculas

Las básculas para llenado de cilindros deberán ser precisas y legibles dentro del rango de uso. Los cilindros de menor capacidad deberán llenarse en básculas pequeñas y los cilindros de mayor capacidad en básculas grandes, sin embargo se podrán utilizar otras básculas si las mismas cumplen con las graduaciones mínimas y con la precisión especificada en el Cuadro 2.6.1., y si las lecturas de las básculas son reproducibles y pueden leerse dentro del rango de uso (Syed, 2012).

Cuadro 2.6.1. Especificación de básculas para llenado de cilindros de dióxido de carbono y líquidos refrigerados (Syed, 2012).

Peso total del envase llenado (kg)	Capacidad de la báscula (kg)	Graduaciones de la báscula (kg)	Precisión (escala máxima) (%)	Aplicación
0 a 20.0	50	0.1	0.1	Cilindros de menor capacidad
20.1 a 250	250	0.2	0.1	Cilindros grandes
250 a 1250	50	0.25	0.1	Mayoría de los cilindros de líquido refrigerado

2.7. Sistemas de alta presión

Los sistemas deberá tener la capacidad de llenar cilindros de alta presión a la presión requerida (Notaro, 1994).

Todos los sistemas deberán diseñarse para una máxima presión de trabajo permitida (MAWP por sus siglas en inglés, también denominada como presión de diseño de sistema) relacionada

con el producto y contenedores que se estén llenando. Los sistemas deberán contar con un mecanismo de terminación de llenado automático para interrumpir el llenado antes de que actúe el dispositivo de alivio de presión, así como, contar con dispositivos de alivio de presión (PRDs) correctamente dimensionados tanto para el flujo como para la presión bajo la cual operarán de acuerdo con la MAWP del sistema o valores más bajos. Los sistemas deberán diseñarse e instalarse utilizando los valores de presión especificados en el Cuadro 2.7.1. (Johnson, 2008).

Cuadro 2.7.1. Especificaciones de presión de sistemas típicos, puntos establecidos y presiones de prueba (Johnson, 2008).

Parámetros del sistema	Presión (psig)
Presión de servicio del cilindro a 21 °C	2640
Máxima presión de trabajo permitida	3250
Parámetros máximos de PRD's	3250
Punto establecido de terminación de llenado automático	3150

2.8. Sistemas de trasvase

Muchos productos pueden trasvasarse de forma segura aplicando los procedimientos de operación establecidos y utilizando el equipo de las especificaciones aprobadas. Se incluyen la mayoría de los productos medicinales y aquellos aprobados para respiración, así como muchos de los gases industriales y especiales. Se deberá cumplir con los siguientes requisitos de equipo para garantizar operaciones seguras y productos de calidad (Schmidt, 2005).

La configuración del sistema debe asegurar que se tenga protección por sobrepresión del sistema, y el suministro de producto podría requerir de un regulador de reducción de presión equipado con un dispositivo de alivio de presión corriente abajo y se deberán de mantener las condiciones de limpieza de oxígeno (Schmidt, 2005).

2.9. Limpieza servicio oxígeno

Los componentes o equipo designados para oxígeno o “limpio para servicio de oxígeno” no pueden conectarse con componentes o equipo inflamables o de “servicio sucio”. Se deberán utilizar sistemas completos y separados para cada aplicación. El servicio limpio para “servicio de oxígeno” o “servicio limpio” aplica sólo a los siguientes productos:

- a. Oxígeno - líquido criogénico y gaseoso.
- b. Óxido nitroso - gas licuado y líquido refrigerado.
- c. Argón líquido criogénico.
- d. Nitrógeno líquido criogénico.
- e. Gases especiales como óxido nítrico (NO), trifluoruro de cloro (ClF₃) y trifluoruro de nitrógeno (NF₃).
- f. Todas las mezclas que cuenten con cualquiera de los productos previamente mencionados excediendo 5 por ciento.
 - Esto incluye aire sintético pero no aire comprimido.
 - Las mezclas de gases para soldar y protectores estándar no se incluyen.
 - El argón y nitrógeno gaseoso no se incluyen.

Todos los productos, partes o equipo aplicables deberán indicarse como “limpios para servicio de oxígeno”, el mantenimiento de cualquier sistema o equipo en estos servicios de producto también requiere que se cumplan con las normas de limpieza (Clay, 2017).

2.10. Otras especificaciones

Los reguladores de oxígeno adquiridos para servicio de oxígeno deberán estar fabricados de latón o aleación de latón (componentes en contacto con oxígeno). No se deberán instalar reguladores con cuerpo de aluminio para servicio de oxígeno gas (Johnson, 2008).

Se requiere un dispositivo de alivio de presión (PRD) con el tamaño de flujo y presión nominal adecuados en todas las partes de un sistema en donde exista el potencial de que quede atrapado gas licuado, estos productos incluyen, más no se limitan a bióxido de carbono, propano, gases licuados de petróleo (LPGs), y todos los líquidos criogénicos. Para

las válvulas de bola, se deberá contar con una ruta de venteo a un lado de la bola. No se deberán utilizar válvulas de globo en sistemas de bióxido de carbono líquido debido a que podrían formarse taponamientos de hielo seco durante el estrangulamiento (Syed, 2010).

Los materiales con excepción de velocidad son definidos como materiales con soporte de cobre, no ferrosos, con un contenido de aluminio no inferior al dos por ciento, aleaciones de cuproníquel, o Monel (Johnson, 2008). Algunos materiales aceptados se muestran en el cuadro 2.10.1 (Notaro, 1994).

Cuadro 2.10.1. Materiales aceptados para servicio de gases (Johnson, 2008).

Tipo de servicio	Nombre del material	Designación
Oxígeno	Monel 400	ASTM B-165 / UNS No. N04400
	Monel 500	Alloy QQ-N-286 / UNS No. N05500
	Bronce	UNS No. C36000
Inerte	Acero inoxidable	ASTM A-312 / Type 304

Con la revisión de las características y requisitos de operación y diseño basados en los estándares internos de la compañía de los procesos de envasado de oxígeno gaseoso a alta presión, oxígeno líquido a baja presión y dióxido de carbono se pueden determinar las limitaciones y requerimientos con los que deben cumplir, de esta manera los mismos pueden ser revisados durante la realización del análisis de riesgos y determinar las acciones necesarias para garantizar una operación segura.

CAPÍTULO 3: CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN

A nivel documental la empresa cuenta con distintos tipos de información, los cuales tienen como objetivo garantizar que la operación se realice bajo parámetros que permitan mantener controlados los peligros de la misma.

Para realizar un correcto análisis de riesgos, la información documental del proceso debe ser revisada a detalle y comparada con los estándares de la compañía, esto con el fin de determinar si la misma presenta desviaciones significativas que puedan comprometer la seguridad del proceso operativo.

3.1. Procedimientos de operación

Los procedimientos de operación son una sucesión cronológica y secuencial de un conjunto de labores conectadas que constituyen la manera de efectuar un trabajo dentro de un ámbito predeterminado de aplicación (Zakrzewski, 2017).

El esquema básico de los procedimientos revisados contempla los siguientes puntos:

- Propósito.
- Alcance.
- Responsabilidad.
- Equipo de protección personal.
- Definiciones.
- Instrucciones.
- Registros.

Para cada una de las operaciones de llenado analizadas, se cuentan con los respectivos procedimientos de operación, los cuales incluyen los códigos de todos los dispositivos que deben manipular durante la operación, los valores de presión, temperatura o nivel según se requiera, así como, el equipo de seguridad necesario, con el fin de minimizar el riesgo de un accidente.

Los procedimientos de operación están disponibles para que sean consultados en caso de duda y son revisados con el personal operativo respectivo constantemente con el fin de que conozcan las acciones que deben realizar y de esta manera minimizar la posibilidad de un evento de seguridad.

Los procedimientos consultados durante el desarrollo del análisis de riesgos fueron los siguientes:

- Procedimiento de llenado de cilindros de oxígeno.
- Procedimiento de llenado de PGS's (sistema de gas portátil por sus siglas en inglés).
- Procedimiento de descarga de isotanques.
- Procedimiento de llenado de cilindros de dióxido de carbono.
- Procedimiento de llenado de PGS's de dióxido de carbono.
- Procedimiento de análisis de cilindros.
- Procedimiento de análisis de PGS's e isocontenedores.
- Procedimiento de revisión de desempeño de las básculas.

3.2. Parámetros críticos de operación (COP's)

Los parámetros críticos de operación (COP's, por sus siglas en inglés) son los parámetros de proceso que son importantes para una operación segura y requiere una acción inmediata correctiva cuando los límites de operación críticos son alcanzados para minimizar el riesgo de un evento significativo de seguridad en el proceso. Los límites de operación de un COP son valores de parámetros determinados en los cuales se deben tomar acciones para identificar y corregir la causa de la desviación de una operación normal (Johnson, 2008).

Por cada COP se tienen al menos los siguientes seis factores documentados y comunicados al personal de operaciones:

- Una descripción del riesgo.
- Las probables consecuencias del evento significativo de seguridad operativa.
- El parámetro que debe monitorearse.
- El límite de operación del parámetro.

- El límite del parámetro crítico de operación.
- Las acciones de respuesta requeridas que deban implementarse.

Las condiciones existentes de operación son seguras hasta que se alcanza el límite operativo. El diagnóstico y detección de fallas inicia al llegar al límite operativo y continúa hasta que el problema es corregido o se llega al límite del COP. Si se llega a ese límite, todas las acciones de diagnóstico y detección de fallas se interrumpirán.

Los parámetros críticos de operación son comunicados al personal con el fin de capacitarlos en como deben reaccionar de manera correcta cuando se alcance el límite de operación, y se encuentran visibles en el área respectiva.

Durante el análisis de riesgos se verificaron los siguientes COP's:

- Sobre llenado y alta presión de oxígeno líquido en tanque criogénico estacionario.
- Sobre llenado y alta presión de oxígeno líquido en cilindros criogénicos.
- Alta presión en llenado de cilindros de oxígeno.
- Sobre llenado, alta y baja presión de CO₂ en tanque estacionario (50 Ton).
- Sobre llenado y alta presión de dióxido de carbono líquido en PGS's.
- Sobre llenado en cilindros de CO₂.

3.3. Programa de mantenimiento

Un programa de mantenimiento es el conjunto de tareas de mantenimiento programado, agrupadas o no siguiendo algún tipo de criterio, y que incluye a una serie de equipos de la planta (Schmidt, 2006).

La instalación cuenta con un programa de mantenimiento preventivo documentado, el cual contempla cada uno de los equipos analizados durante el análisis de riesgos. Las tareas son asignadas al personal técnico de mantenimiento según sea la necesidad del trabajo requerido. Además, la frecuencia y las instrucciones de trabajo se basan en los estándares de

mantenimiento de la empresa, los cuales son definidos a nivel corporativo con el fin de homologar los criterios para todas las instalaciones.

Cada actividad de mantenimiento es incluida en una orden de trabajo, la cual es el documento que contiene la información referente al trabajo a realizar y que es remitido al personal técnico. Las órdenes de trabajo contienen los siguientes puntos:

- Número de tarea.
- Técnico responsable.
- Frecuencia.
- Descripción del equipo (con su respectivo código).
- Instrucciones de mantenimiento.
- Estatus.
- Fecha programada para la tarea.
- Fecha de conclusión de la tarea.

Con el fin de garantizar la confiabilidad de los equipos, mensualmente se generan órdenes de trabajo las cuales deben ser atendidas durante el mes y cerradas antes de la finalización del mismo, para ello se cuenta con un encargado de asignar y verificar el cierre de las mismas.

A lo largo del desarrollo del análisis de riesgos se verificaron las órdenes de trabajo existentes, entre las cuales estaban:

- Mantenimiento preventivo de bombas de oxígeno.
- Mantenimiento preventivo de bombas de CO₂.
- . Mantenimiento de paneles de llenado de cilindros medicinales.
- Mantenimiento de tanques.
- Mantenimiento de vaporizador ambiental.
- Inspección de básculas.
- Mantenimiento de bahías de llenado.
- Cambio de mangueras alta de presión.
- Cambio de mangueras de bahías de llenado de CO₂.

3.4. Programa de calibración

Se cuenta con un programa de mantenimiento preventivo documentado, el cual contempla la instrumentación de cada uno de los procesos analizados durante el análisis de riesgos. Las tareas son asignadas a los instrumentistas de la empresa.

Al igual que con el programa de mantenimiento, las órdenes de trabajo se generan mensualmente y deben ser atendidas y cerradas durante ante de la finalización del mes. Además la designación de la frecuencia y las instrucciones se basan en los estándares de mantenimiento.

Dentro de las órdenes de trabajo de instrumentación que se revisaron durante el análisis se encuentran:

- Verificación del indicador de nivel del tanque de oxígeno.
- Prueba y calibración de válvula de seguridad.
- Inspección de discos de ruptura.
- Verificación de interruptor de presión.
- Calibración de indicador de presión.
- Verificación de transmisor de temperatura.
- Calibración de básculas.

La información documental indicada en esta sección para los procesos de envasado de oxígeno gaseoso a alta presión, oxígeno líquido a baja presión y dióxido de carbono es de mucha importancia para mantener una operación segura, esta información será revisada a detalle durante la realización del análisis de riesgos con el fin de determinar si los procedimientos y programa de mantenimiento que se tiene actualmente es suficiente, o si se requieren modificaciones o nuevos documentos.

CAPÍTULO 4: ACCIONES DE MEJORA

Para realizar el análisis de riesgos se definieron los nodos subdividiendo las etapas del proceso en estudio de la siguiente manera según la Figura 4.1. y Figura 4.2.

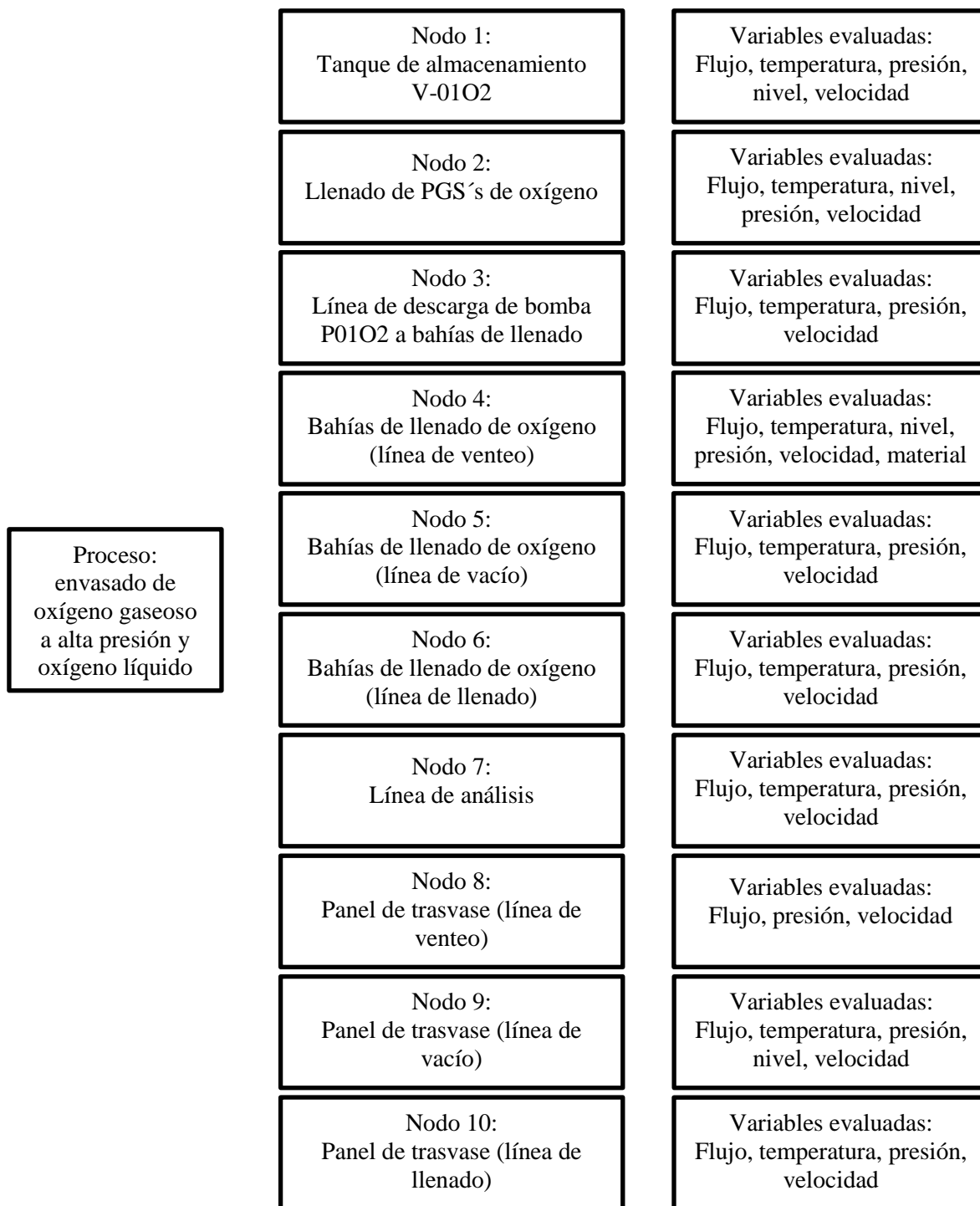


Figura 4.1. Nodos y variables evaluadas en el proceso de envasado de oxígeno.

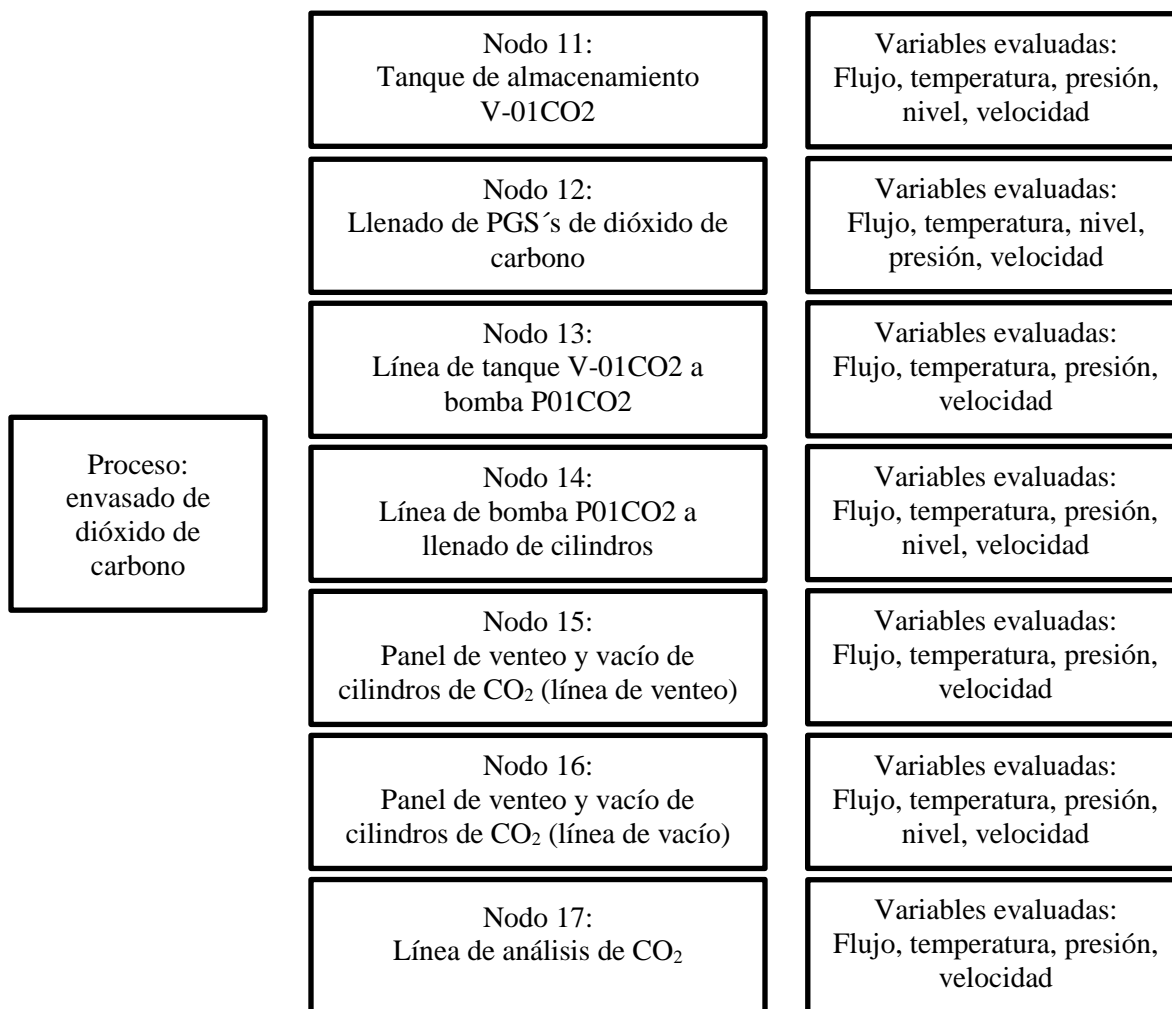


Figura 4.2. Nodos y variables evaluadas en el proceso de envasado de dióxido de carbono.

Una vez realizado el análisis de riesgos de las etapas del proceso de envasado de oxígeno gaseoso a alta presión, oxígeno líquido y dióxido de carbono en la empresa productora de gases industriales y medicinales, se describen en este capítulo las acciones de mejora para los niveles de riesgos con valores de 3 y 4, los cuales según la compañía son aceptables con los controles existentes, y por lo tanto no se requiere tomar acciones.

Sin embargo las modificaciones propuestas a continuación tienen como fin garantizar que la operación mantendrá el nivel de riesgo aceptable. Dentro de este capítulo se proponen distintas acciones documentales (modificación o creación de procedimientos, parámetros críticos de operación y órdenes de trabajo) así como de señalización en las áreas operativas, las cuales se resumen en el Cuadro 4.1.

Cuadro 4.1. Resumen de las acciones de mejora propuestas.

Punto revisado	Condición actual	Acción propuesta
Procedimiento de inspección externa de cilindros.	No se indica la cantidad mínima de cilindros que debe contener un lote.	Incluir en el procedimiento la cantidad mínima de cilindros que debe contener un lote.
Procedimiento de llenado de cilindros de oxígeno y procedimiento de llenado de cilindros de oxígeno por trasvase.	No se inspecciona el nivel de aceite en la bomba de vacío al inicio de turno.	Incluir en el procedimiento la revisión del nivel de aceite en la bomba de vacío al inicio de turno.
Procedimiento de llenado de cilindros de dióxido de carbono.	No se revisa la presión del tanque de almacenamiento de CO ₂ al inicio de turno.	Incluir en el procedimiento la revisión de la presión del tanque de almacenamiento de CO ₂ al inicio de turno.
Parámetro crítico de operación: válvulas de aislamiento manuales candadeadas en posición abierta o cerrada.	Válvulas V27O2, V30O2, V35O2 y V38O2 no incluidas en el listado de válvulas candadeadas en posición abierta o cerrada.	Incluir las válvulas V27O2, V30O2, V35O2 y V38O2 en el listado de válvulas candadeadas en posición abierta o cerrada.
Parámetro crítico de operación: baja temperatura en cilindros de oxígeno.	No hay parámetro por baja temperatura en cilindros de oxígeno.	Crear un parámetro crítico por baja temperatura en cilindros de oxígeno.
Orden de trabajo de válvulas automáticas.	Válvulas FV01O2, FV02O2, FV03O2 y FV04O2 no incluidas en el programa de mantenimiento.	Incluir las válvulas FV01O2, FV02O2, FV03O2 y FV04O2 en el programa de mantenimiento.
Orden de trabajo de filtro.	Filtro STR01CO2 no incluido en el programa de mantenimiento.	Incluir filtro STR01CO2 en el programa de mantenimiento.
Señalización.	No hay señalización de sobre la presión de trabajo del sistema en el área de llenado.	Crear un rótulo con la indicación de la presión máxima del sistema y la presión del cilindro de menor presión que se puede llenar.

4.1. Modificación de procedimientos de operación

Procedimiento de inspección externa de cilindros

Al revisar el caso en que hubiese más flujo en el nodo (4) bahías de llenado de oxígeno (línea de llenado de cilindros), se determinó que debe incluirse en el procedimiento de inspección externa de cilindros la cantidad mínima que debe contener un lote, este procedimiento indica las pruebas a las que deben ser sometidos los cilindros con el fin de garantizar la integridad de los mismos durante el proceso de llenado.

Durante el llenado el oxígeno gas es sometido a compresión debido a que se tiene una bomba de llenado que impulsa el producto hasta los contenedores (previamente pasa por un vaporizador), lo cual produce que la temperatura de los cilindros se eleve, incluyendo el disco de ruptura de la válvula, cuya presión de activación de diseño disminuye si aumenta la temperatura especificada para dicha presión, lo cual produciría la ruptura de uno o varios discos ocasionando la pérdida de producto y una exposición al personal al alto ruido generado por el escape de gas de los cilindros.

Aunque existe un interruptor de paro por alta temperatura durante el llenado de cilindros, cuyo valor coincide con la temperatura especificada para la presión de activación de los discos, con esta modificación del procedimiento se pretende evitar que se llegue a estas condiciones. De esta manera, tomando en cuenta que la temperatura ambiente máxima en el lugar donde se encuentra ubicada la planta es de 29 °C, que la temperatura máxima permitida para no afectar la activación de los discos de ruptura es de 52 °C y que la bomba de llenado suministra un flujo de 8.7 m³/min, se determinó mediante pruebas prácticas que la cantidad mínima de cilindros de oxígeno que debe contener el lote es de al menos 14 con un volumen de 6.23 m³ o superior. Sin embargo un incremento en la temperatura ambiente o un problema en alguno de los cilindros durante el llenado (por ejemplo una fuga en la válvula) comprometería que se alcance la presión final de llenado antes de llegar a 52 °C, por lo tanto se concluye que el lote debe estar conformado por al menos 16 cilindros con el volumen anteriormente mencionado.

Procedimiento de llenado de cilindros de oxígeno y procedimiento de llenado de cilindros de oxígeno por trasvase

Durante el análisis de las variables por alto y bajo nivel en los nodos (5) bahías de llenado de oxígeno (línea de vacío de cilindros) y (9) panel de trasvase (línea de vacío), se concluyó que debe incluirse en el procedimiento de llenado de cilindros de oxígeno y en el procedimiento de llenado de cilindros de oxígeno por trasvase la inspección del nivel de aceite en la bomba de vacío al inicio de turno, con el fin de que la persona operadora alerte a la persona encargada de producción si el nivel no se encuentra en el nivel óptimo. Los procedimientos anteriormente mencionados indican los pasos que debe seguir la persona operadora para realizar el llenado de cilindros, la inspección previa de los equipos así como el correcto apagado de los mismos al finalizar la operación.

Un bajo nivel de aceite provocaría que el equipo no cuente con la lubricación requerida para su correcto funcionamiento y por consecuente un daño a la bomba al exponerse a estas condiciones. Si lo que se tiene es un alto nivel de aceite en la bomba provocaría que parte del aceite sea arrastrado a la línea de vacío y posiblemente a los cilindros, aunque el aceite utilizado es compatible con oxígeno para minimizar un problema de seguridad, si provocaría problemas de inocuidad debido a la contaminación del oxígeno con el aceite.

En el nodo (10) sistema de trasvase (línea de llenado), se concluyó que ante una mayor presión en la línea debe incluirse en el procedimiento de llenado de cilindros de oxígeno por trasvase que el regulador de presión PCV07O2 se encuentre cerrado antes de iniciar con el trasvase de producto, esto con el fin de evitar que la presión de los “cilindros madre” fluya a los “cilindros hijo” y sobrepase la velocidad crítica, el regulador debe abrirse gradualmente iniciando de 0 psig hasta llevar al cilindro a la presión de llenado

Procedimiento de llenado de cilindros de dióxido de carbono

En el nodo (11) tanque de almacenamiento V-01CO₂, se determinó que debido al efecto de una baja o alta presión en el mismo, debe incluirse en el procedimiento de llenado de cilindros

de dióxido de carbono la revisión de la presión del tanque de almacenamiento de CO₂, con el fin de que la persona operadora alerte a la persona encargada del área de producción si el nivel no se encuentra en el intervalo de operación. Este procedimiento establece los pasos que se deben seguir para realizar el llenado de cilindros, así como la inspección previa de los equipos.

Una baja presión en el tanque debido a la no detección de la unidad de refrigeración al set programado provocaría la disminución de la misma al punto de cambiar el estado del producto, generando la formación de hielo seco y por consiguiente la fragilización del material del tanque, el cual está fabricado de acero al carbono y cuya temperatura mínima es de -28.9 °C. Al tratarse de un recipiente sometido a presión, se podría generar la ruptura del tanque al verse disminuida la resistencia del material del mismo.

Una alta presión se podría generar en caso que la presión en el tanque se incremente y la unidad de refrigeración no entre en funcionamiento al set programado, por consiguiente se generaría una sobrepresión que en el caso crítico podría provocar la ruptura del tanque. Sin embargo el tanque cuenta con válvulas de seguridad, las mismas se abrirían al alcanzarse el set de presión y evitar la ruptura del recipiente.

Además, en el nodo (16) panel de venteo y vacío de cilindros de CO₂ (línea de vacío), se concluyó que debe incluirse en el procedimiento de llenado de cilindros de dióxido de carbono la inspección del nivel de aceite en la bomba de vacío al inicio de turno, con el fin de que la persona operadora alerte a la persona encargada de producción si el nivel no se encuentra en el nivel óptimo. Un alto o bajo nivel de aceite en este equipo tendría las mismas consecuencias expuestas en esta sección para la bomba de vacío de oxígeno.

4.2. Creación y modificación de parámetros críticos de operación (COP's)

En el nodo (4) bahías de llenado de oxígeno (línea de llenado de cilindros), al revisar los efectos que podría causar un flujo mal direccionado, se determinó que debe modificarse el parámetro crítico de operación SA-39-49 válvulas de aislamiento manuales candadeadas

(bloqueadas) en posición abierta o cerrada, esto en caso de abrir las válvulas del cabezal de llenado al realizar algún mantenimiento para despresurizar el mismo y al término del trabajo realizado estas no sean cerradas nuevamente, lo cual provocaría que durante el llenado parte del gas sea liberado a la atmósfera provocando la pérdida de producto. Las válvulas candadeadas en posición abierta o cerrada deben ser incluidas en el cuadro anexo del parámetro crítico de operación con la información que se muestra en el Cuadro 4.2.1.

Cuadro 4.2.1. Parámetro Crítico de Operación - Válvulas candadeadas (bloqueadas) en posición abierta o cerrada.

Código de Válvula	Posición de Operación Normal (Abierta/Cerrada)	Consecuencia
V27O2	Cerrada	Pérdida de producto
V30O2	Cerrada	Pérdida de producto
V35O2	Cerrada	Pérdida de producto
V38O2	Cerrada	Pérdida de producto

Al analizar el efecto que provocaría más flujo en el nodo (3) línea de descarga de bomba P01O2 a cabezales de bahías de llenado de oxígeno, se determinó que debe crearse un parámetro crítico de operación durante la etapa de llenado, esto en caso que la válvula TV01O2 (la cual se utiliza para permitir el paso de una cantidad determinada de oxígeno líquido para enfriar el gas caliente que va hacia los cilindros y de esta manera disminuir la temperatura de los mismos durante el llenado para evitar que la operación se detenga por alta temperatura) abra excesivamente y provoque que la temperatura del oxígeno disminuya hasta llegar al valor crítico, el cual provocaría la cristalización del material de los cilindros (acero al carbono) y por consecuencia la ruptura de estos.

El nuevo parámetro crítico de operación se muestra a continuación en el Cuadro 4.2.2., para esto se tomó en cuenta la temperatura mínima que puede resistir el acero al carbono del que están fabricados los cilindros sin llegar al punto de cristalización del material, la cual es de -40 °C. En el cuadro se indican las consecuencias que tendría alcanzar una baja temperatura en los cilindros (límite de operación -20 °C), así como los pasos a seguir por parte de la persona operadora para detener el llenado en caso de alcanzarlo y como restablecerlo.

Cuadro 4.2.2. Parámetro Crítico de Operación - Baja temperatura en cilindros de oxígeno.

Peligro	Consecuencia	Parámetro	Límite de operación	Límite COP	Acciones
Baja temperatura	Ruptura del cilindro	Temperatura	-20 °C	-40 °C	<p>1. OPRIMIR el botón de paro de la bomba para detener inmediatamente el envío de producto hacia los cilindros.</p> <p>2. SELECCIONAR el botón de apagado de la válvula de llenado en frío desde el panel de control de bombas para desactivarla y detener el paso de oxígeno líquido hacia los cilindros.</p> <p>3. CONTINUAR con el llenado de cilindros y esperar a que la temperatura sea mayor a -20 °C en el indicador de temperatura para activar la válvula de llenado en frío.</p>

4.3. Generación de órdenes de trabajo

Orden de trabajo de válvulas automáticas

Al estudiar el efecto que produciría el no tener flujo de producto en el nodo (3) línea de descarga de bomba P-01O2 a cabezales de bahías de llenado de oxígeno se llegó a la conclusión que las válvulas automáticas FV01O2 y FV02O2 deben incluirse en el programa de mantenimiento de la instalación, esto con el objetivo de inspeccionarlas periódicamente y reducir la posibilidad de que las mismas fallen mecánicamente en posición cerrada durante el llenado, lo cual ocasionaría que el oxígeno líquido no fluya por las líneas de succión y retorno, ocasionando cavitación del equipo al no tener la cantidad suficiente de líquido para su correcto funcionamiento, provocando un posible daño a los componentes de la bomba, impactando directamente en la producción del día debido al tiempo requerido para coordinar la reparación así como en la rentabilidad de la operación por el costo de los repuestos necesarios para retornarla al servicio de llenado nuevamente.

Además en este mismo nodo al evaluar un posible flujo mal direccionado se determinó que las válvulas automáticas FV03O2 y FV04O2 también deben incluirse en el programa de mantenimiento, debido a que si las mismas no se inspeccionan periódicamente podría provocar que con el paso del tiempo fallen mecánicamente en posición abierta durante el proceso de llenado, lo cual ocasionaría que un exceso oxígeno líquido fluya hacia el recipiente de drenado y podría provocar el derrame de líquido criogénico con una posible afectación al personal que se encuentre en el área al rebasar la capacidad del mismo.

Otro problema que esto ocasionaría sería el venteo excesivo de oxígeno en estado gaseoso, aunque el recipiente de drenado está ubicado en un área abierta, la cantidad de oxígeno que puede llegar al mismo es tal que produciría una atmósfera enriquecida de oxígeno cuya consecuencia sería que algunos materiales cercanos al área se lleguen a inflamar espontáneamente seguido de una explosión violenta. Para las válvulas FV01O2, FV02O2, FV03O2 y FV04O2 se deberá generar una orden de trabajo que incluya la información mostrada en el Cuadro 4.3.1.

Cuadro 4.3.1. Orden de trabajo de válvulas automáticas.

Número de la orden de trabajo:	Instalación: Planta de Gases Envasados.
Estatus de la orden de trabajo: Abierta.	Frecuencia: Anual.
Fecha agendada:	Fecha completada:
Código de equipo: FV01O2 (o FV02O2, o FV03O2, o FV04O2).	Descripción del equipo: Válvula, válvula on-off O2.
Fabricante: Flowserve	Modelo: 15 39 SN R6
Técnico asignado:	Persona asignada para cerrar la orden de trabajo:
<p>Actividades:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Obtener la autorización para intervenir el instrumento por parte de la persona encarga de la operación siguiendo los requisitos o formatos de seguridad. 2. Pasar el lazo de control a modo manual y colocar el sistema fuera de servicio. 3. Realizar limpieza externa. 4. Inspeccionar que no existan fugas o daños. Repararlos en caso de ser necesario. 5. Revisar el suministro de nitrógeno de instrumentos al posicionador y transductor, así como el estado de la válvula selenoide que habilita el accionamiento. 6. Accionar la selenoide desde la pantalla del PLC. 7. Habilitar y conectar en el transductor o entrada del posicionador una fuente de señal de miliamperios (mA) certificada. 8. Generar 20 mA y verificar el accionamiento de la carrera, que no existan atoramientos y llegue a su máxima carrera abriendo o cerrando dependiendo de la configuración. Ajustar el span de ser necesario. 9. Generar 4 mA y verificar el accionamiento de la carrera, que no existan atoramientos y llegue a su mínima carrera abriendo o cerrando dependiendo de la configuración. Ajustar el zero de ser necesario. 10. Generar 12 mA y verificar el accionamiento de la carrera, que no existan atoramientos y llegue al 50 %. 11. Desconectar el generador de mA y reconectar la válvula. 11. Colocar el sistema en servicio y entregarlo a la persona encarga de la operación. 13. Registrar las actividades realizadas en la orden de trabajo. 	

Orden de trabajo de filtro

En el análisis del efecto que provocaría el no tener flujo en el nodo (13) línea de tanque V01CO2 a bomba P01CO2, se determinó que debe crearse una orden de trabajo para el filtro STR01CO2 y de esta forma quedar incluido en el programa de mantenimiento de la planta, con lo cual se garantiza una revisión constante de este dispositivo, de manera que en caso de estar obstruido sea limpiado y evitar que el material depositado provoque una disminución en el flujo de dióxido de carbono, lo cual casaría la cavitación de la bomba y un posible daño al equipo. La orden de trabajo generada para la inspección del filtro STR01CO2 debe incluir la información mostrada en el Cuadro 4.3.2.

Cuadro 4.3.2. Orden de trabajo del filtro STR01CO2.

Número de la orden de trabajo:	Instalación: Planta de Gases Envasados.
Estatus de la orden de trabajo: Abierta.	Frecuencia: Semestral.
Fecha agendada:	Fecha completada:
Código de equipo: STR01CO2.	Descripción del equipo: Filtro.
Fabricante: Danfoss.	Modelo: 148B5449.
Técnico asignado:	Persona asignada para cerrar la orden de trabajo:
<p>Actividades:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Obtener la autorización para intervenir el instrumento por parte de la persona encargada de la operación siguiendo los requisitos o formatos de seguridad. 2. Despresurizar la línea de producto. 3. Bloquear y candadear la línea de producto. 4. Remover el filtro. 5. Inspeccionar el filtro para verificar que no exista material que lo obstruya. Limpiarlo en caso de ser necesario. 6. Colocar el sistema en servicio 7. Remover candado de la línea de producto. 8. Entregar el equipo a la persona encargada de la operación. 9. Registrar las actividades realizadas en la orden de trabajo. 	

4.4. Señalización

Al estudiar las consecuencias que provocaría una mayor presión en el nodo (10) panel de trasvase (línea de llenado) se determinó que se debe colocar un letrero con las marcas de presión del sistema. El rótulo deberá indicar la presión máxima de trabajo del sistema y la presión del cilindro más baja que se puede conectar al mismo, esto con el fin de que la persona operadora y el personal que se encuentre en el área conozcan las restricciones de los “cilindros madre” que pueden llegar a conectar para evitar sobrepresurizar el sistema, así como un sobrellenado de los “cilindros hijo“. El letrero deberá cumplir con el diseño mostrado en la Figura 4.4.1.



Figura 4.4.1. Letrero de presiones del sistema.

Basado en el análisis de riesgos realizado se proponen acciones de mejora para los niveles de riesgo con valores de 3 y 4, los cuales según la compañía son aceptables con los controles existentes, sin embargo a nivel documental es recomendado aplicar las correcciones a los procedimientos y parámetros críticos de operación, así como la creación de órdenes de trabajo y mejorar la señalización anteriormente descritos con el fin de mantener la operación controlada y minimizar la posibilidad que se presente una situación que comprometa la seguridad de la planta.

Capítulo 5: ACCIONES CORRECTIVAS

Con la finalidad de cumplir con el objetivo principal de la práctica dirigida de proponer acciones correctivas para los niveles de riesgos con valores de 1 y 2 al finalizar el análisis de las etapas del proceso seleccionadas en una empresa productora de gases industriales y medicinales, se describen en este capítulo las acciones sugeridas. Para lograr este objetivo se colaboró con la recomendación de seis acciones correctivas, de las cuales una de ellas es documental (modificación de un procedimiento), tres implican modificar materiales y dispositivos en la línea de llenado, y dos la inclusión de dispositivos para realizar la operación de manera segura.

La compañía ha establecido dentro de los criterios de evaluación que para los niveles de riesgos con valores de 1 y 2, deberá ser mitigado con modificaciones al proceso o acciones administrativas a un nivel de riesgo 3 o menor dentro de 6 o 12 meses respectivamente, las mismas se resumen en el Cuadro 5.1.

Cuadro 5.1. Resumen de las acciones correctivas propuestas.

Punto revisado	Condición actual	Acción propuesta
Procedimiento de llenado de cilindros de oxígeno.	No se indica que hacer al detectar un cilindro vacío durante el llenado.	Incluir en el procedimiento que al detectarse un cilindro vacío durante el llenado no debe abrirse.
Válvulas de retención en sistema de vacío.	Válvulas de retención de una marca y modelo no aprobadas e instaladas en una posterior a la bomba de vacío.	Cambiar las válvulas de retención por otras de marca y modelo aprobadas y modificar la posición de las mismas según lo indicado en los estándares de la empresa.
Material de tubería de análisis.	Tubería instalada de acero inoxidable que no es compatible con oxígeno a alta presión.	Cambiar el material de la tubería por un material compatible como la aleación de monel 400.
Materiales de accesorios en línea de llenado de oxígeno.	Tuerca y conectores de instalados de acero inoxidable que no son compatibles con oxígeno a alta presión.	Cambiar el material de la tuerca y los conectores por un material compatible como la aleación de monel 400.

Cuadro 5.1. (continuación). Resumen de las acciones correctivas propuestas.

Punto revisado	Condición actual	Acción propuesta
Sistema de llenado de cilindros de 2 kg y 4 kg de CO ₂ .	Llenado con bomba de alto flujo y utilización de una báscula que no cumple con las especificaciones para el pesaje del cilindro que se está llenando.	Instalar un sistema de llenado de CO ₂ por trasvase y una báscula que cumpla con las especificaciones indicadas para estos tamaños de cilindros.
Válvula de protección en sistema de venteo y vacío de cilindros de CO ₂ .	No hay válvula de relevo de presión instalada en sistema donde se pueden conectar cilindros con CO ₂ líquido.	Instalar válvula de relevo de presión entre las válvulas de paso de producto de los cilindros y las válvulas hacia la bomba de vacío y línea de venteo.

5.1. Modificación de procedimientos de operación

En el nodo (4) bahías de llenado de oxígeno (línea de llenado de cilindros) al analizar el impacto que provocaría un aumento en el flujo de producto en la línea, se determinó que debe incluirse una advertencia en el procedimiento de llenado de cilindros oxígeno (el cual como se indicó en la sección 4.1 detalla paso a paso como realizar el llenado de cilindros) que indique que al detectarse un cilindro vacío durante la etapa de llenado el mismo no debe abrirse, ya que los cilindros llegan a contener presiones superiores a las 2000 psig, el riesgo de abrir un cilindro en estas condiciones es la alta velocidad y temperatura que puede alcanzar el gas al fluir hacia el cilindro que estaba cerrado.

Al abrirse el mismo se generará una compresión del gas hacia un único cilindro, la temperatura llegará a un valor extremadamente alto y la misma no podrá ser disipada (a este efecto se le conoce como compresión adiabática), esto provocaría que se alcance la temperatura de fusión del teflón (342 °C), el cual está presente en el recubrimiento interno de la manguera de llenado conectada al cilindro y en combinación a la característica oxidante del producto que se está llenando así como a la fricción provocada por la alta velocidad alcanzada al fluir hasta el cilindro que se encontraba cerrado generaría un destello en la manguera.

5.2. Modificar el arreglo de las válvulas de retención de las líneas de vacío

Al evaluar el efecto de un aumento del flujo en los nodos (5) bahías de llenado de oxígeno (línea de vacío de cilindros), (9) panel de trasvase de cilindros de oxígeno (línea de vacío) y (16) panel de venteo y vacío de cilindros de CO₂ (línea de vacío) se determinó que las válvulas retención Y11O2, Y21O2 y Y03CO2 no cumplen con el estándar de la compañía, ya que las válvulas que se encuentran instaladas actualmente no son de las marcas ni modelos especificados en el capítulo 2 de este documento, por lo tanto no garantiza que las mismas puedan descargar toda la presión hacia la bomba de vacío en caso de no despresurizar los cilindros por completo durante la etapa de venteo. Las opciones que se tienen para este cambio se muestran en el Cuadro 5.2.1.

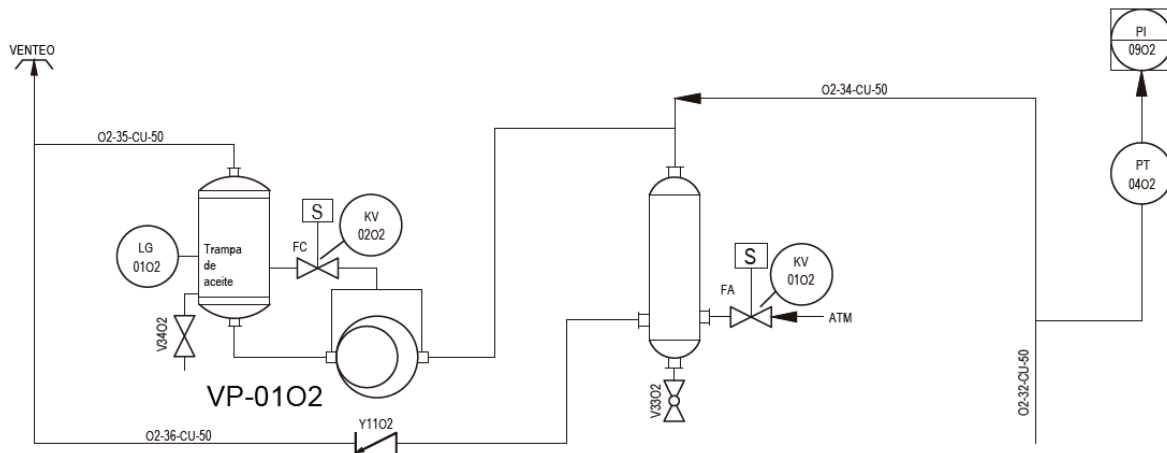
Cuadro 5.2.1. Propuestas para cambio de válvulas retención en sistemas de vacío.

Marca	Modelo	Tamaño (mm)	Proveedor	Costo Unitario (\$)
Nibco	T-413 Y	50	Praxair USA	250.00 ⁽¹⁾
BIVCO	1016 S00T-0.5C	50	Circle Seal Controls, Inc.	1831.86 ⁽²⁾
BIVCO	1016 B00T-0.5C	50	Circle Seal Controls, Inc.	684.33 ⁽²⁾

⁽¹⁾ Los costos de los productos fueron indicados por el proveedor en setiembre 2017.

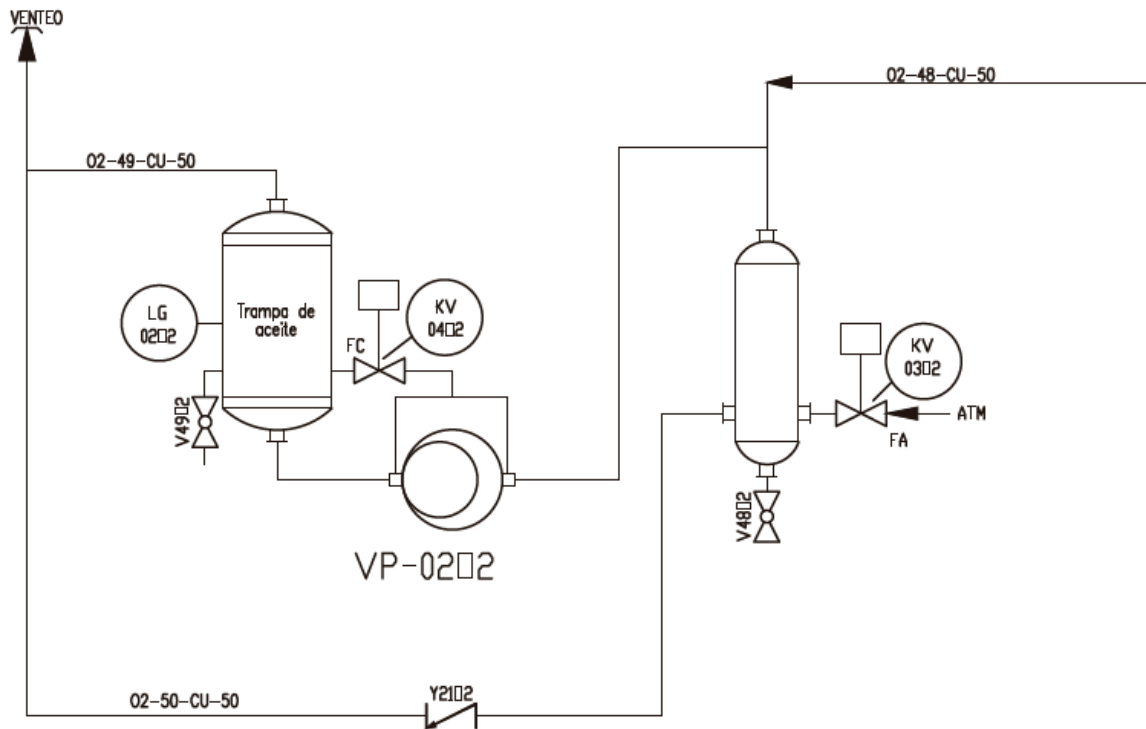
⁽²⁾ Los costos de los productos fueron indicados por el proveedor en agosto 2017.

Además en los mismos nodos se detectó que el arreglo de las válvulas de retención no cumple con los estándares de la empresa, debido a que la válvula se encuentra ubicada en una posición posterior a la bomba de vacío, tal como se muestra en la Figura 5.2.1., Figura 5.2.2. y Figura 5.2.3., lo cual significa que en caso de una sobrepresurización de la línea el gas llegaría a la bomba de vacío respectiva antes de que sea liberada a través de la válvula retención, lo cual provocaría la ruptura de la misma debido a que la máxima presión de trabajo es de 7 psig y los cilindros que se conectan podrían contener presiones superiores a 500 psig, esto tendría como consecuencia adicional una posible lesión seria a la persona operadora que se encuentra en el área de llenado al quedar expuesto al impacto de los materiales que sean expulsados producto de la ruptura del equipo.



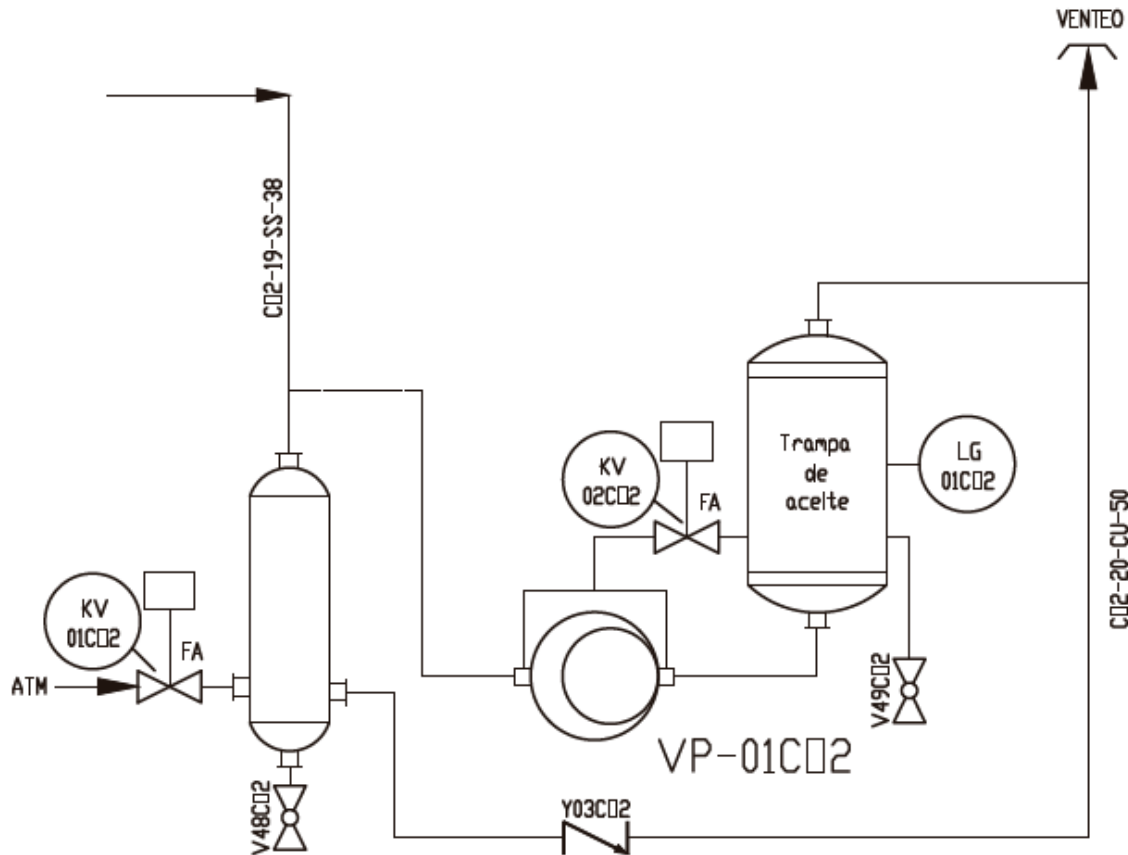
NOMENCLATURA	
IDEM	DESCRIPCIÓN
LG-0102	Visor de nivel
KV-0102	Válvula de control de flujo
KV-0202	Válvula de control de flujo
PI-0902	Indicador de presión
PT-0402	Transmisor de presión
V-3302	Válvula
V-3402	Válvula
VP-0102	Bomba de vacío
Y-1102	Válvula de retención

Figura 5.2.1. P&ID actual de bomba de vacío de bahía de llenado de cilindros de oxígeno de alta presión.



NOMENCLATURA	
IDEM	DESCRIPCIÓN
LG-0202	Visor de nivel
KV-0302	Válvula de control de flujo
KV-0402	Válvula de control de flujo
V-4802	Válvula
V-4902	Válvula
VP-0202	Bomba de vacío
Y-2102	Válvula de retención

Figura 5.2.2. P&ID actual de bomba de vacío de panel de llenado de cilindros de oxígeno de alta presión por trasvase.

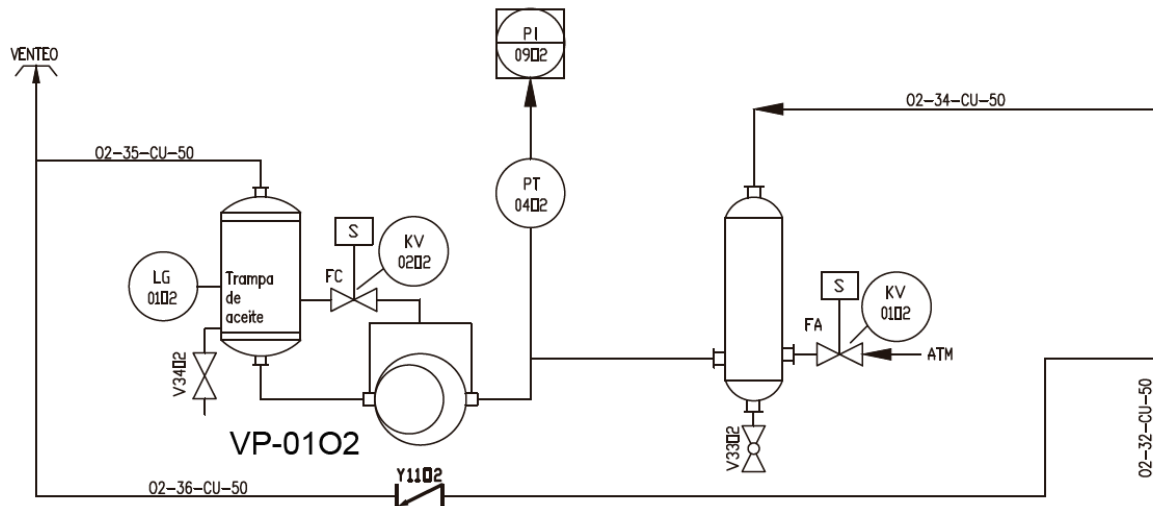


NOMENCLATURA	
IDEM	DESCRIPCIÓN
LG-01CO2	Visor de nivel
KV-01CO2	Válvula de control de flujo
KV-02CO2	Válvula de control de flujo
V-48CO2	Válvula
V-49CO2	Válvula
VP-01CO2	Bomba de vacío
Y-03CO2	Válvula de retención

Figura 5.2.3. P&ID actual de bomba de vacío de panel de venteo y vacío de cilindros de dióxido de carbono.

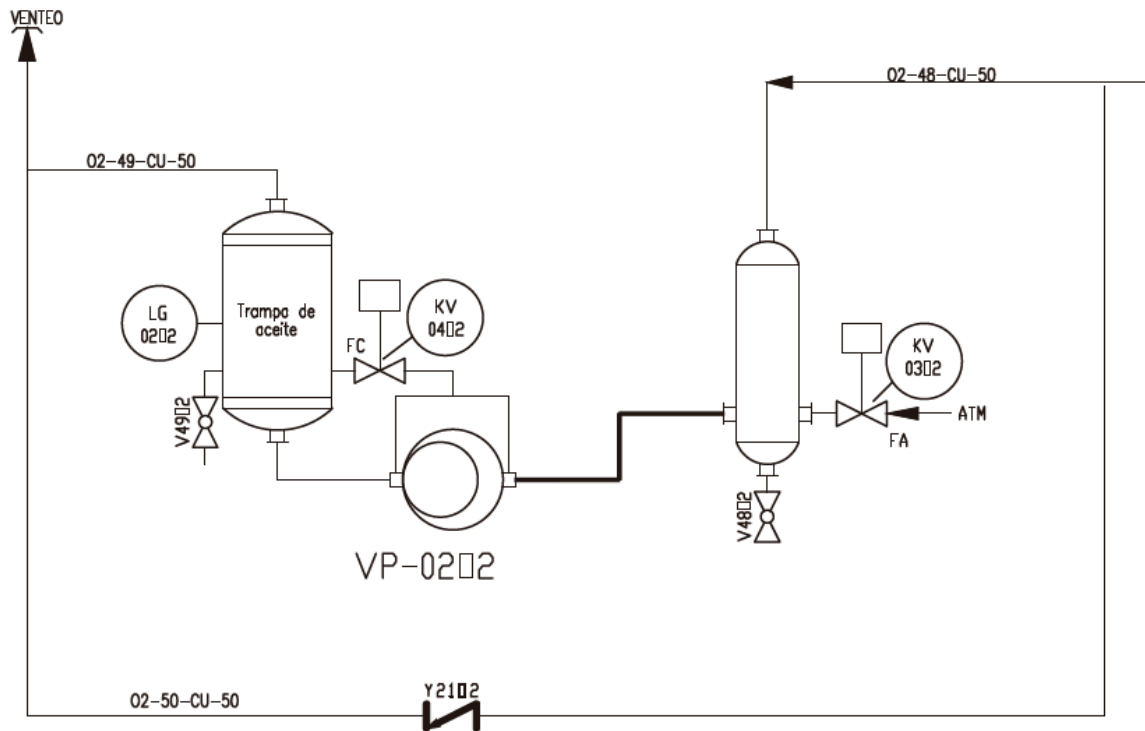
Para realizar estas modificaciones es necesario realizar un manejo del cambio (MOC por sus siglas en inglés) donde se evalúe el cambio de las válvulas de retención a instalar, la ubicación de los dispositivos, así como modificar el diagrama de procesos e instrumentación (P&ID por sus siglas en inglés) de la planta, de tal manera que muestre la nueva ubicación de las válvulas retención en las líneas de vacío respectivas. En las figuras 5.2.4., 5.2.5. y 5.2.6. se muestran los P&ID's de los arreglos propuestos tomando en cuenta las especificaciones de

diseño de la compañía, donde fueron reubicadas las válvulas de retención Y1102, Y2102 y Y03CO2.



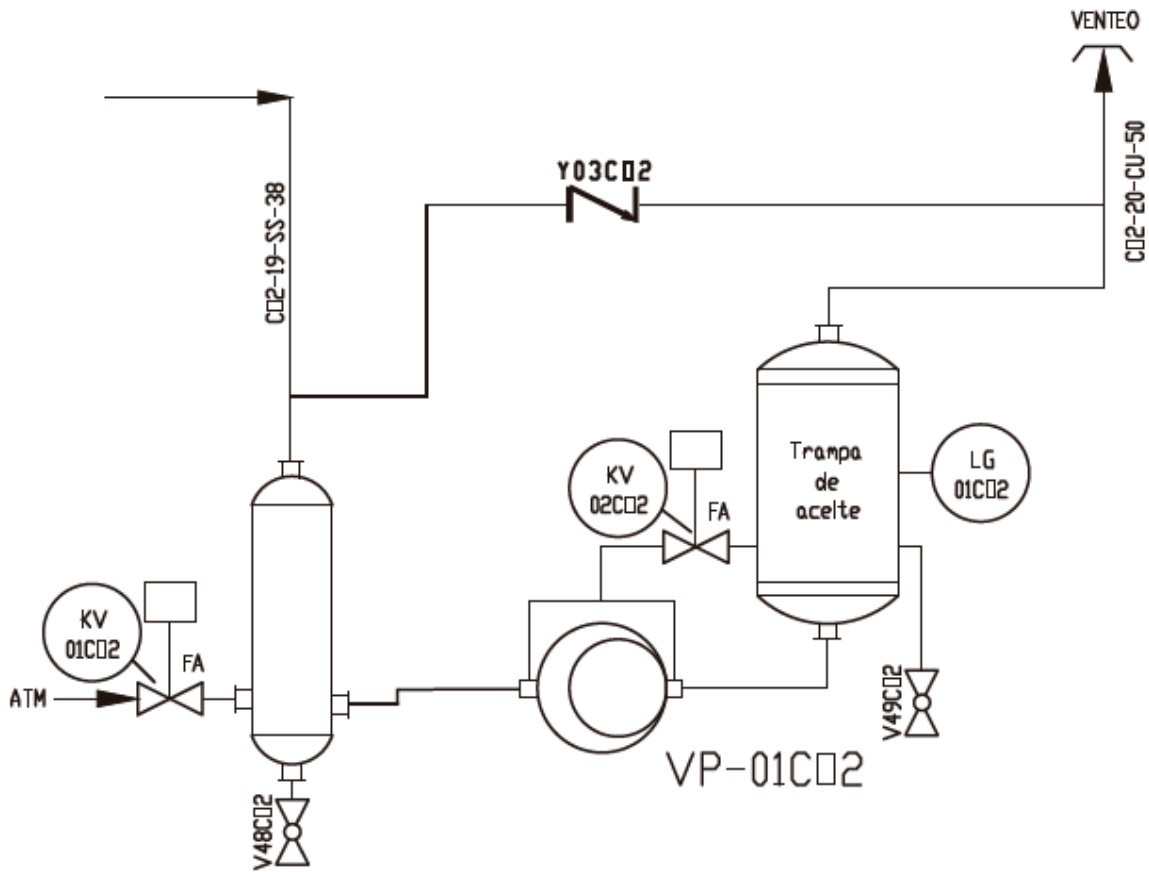
NOMENCLATURA	
IDEM	DESCRIPCIÓN
LG-0102	Visor de nivel
KV-0102	Válvula de control de flujo
KV-0202	Válvula de control de flujo
PI-0902	Indicador de presión
PT-0402	Transmisor de presión
V-3302	Válvula
V-3402	Válvula
VP-0102	Bomba de vacío
Y-1102	Válvula de retención

Figura 5.2.4. P&ID propuesto para bomba de vacío de bahía de llenado de cilindros de oxígeno de alta presión.



NOMENCLATURA	
IDEM	DESCRIPCIÓN
LG-0202	Visor de nivel
KV-0302	Válvula de control de flujo
KV-0402	Válvula de control de flujo
V-4802	Válvula
V-4902	Válvula
VP-0202	Bomba de vacío
Y-2102	Válvula de retención

Figura 5.2.5. P&ID propuesto para bomba de vacío de panel de llenado de cilindros de oxígeno de alta presión por trasvase.



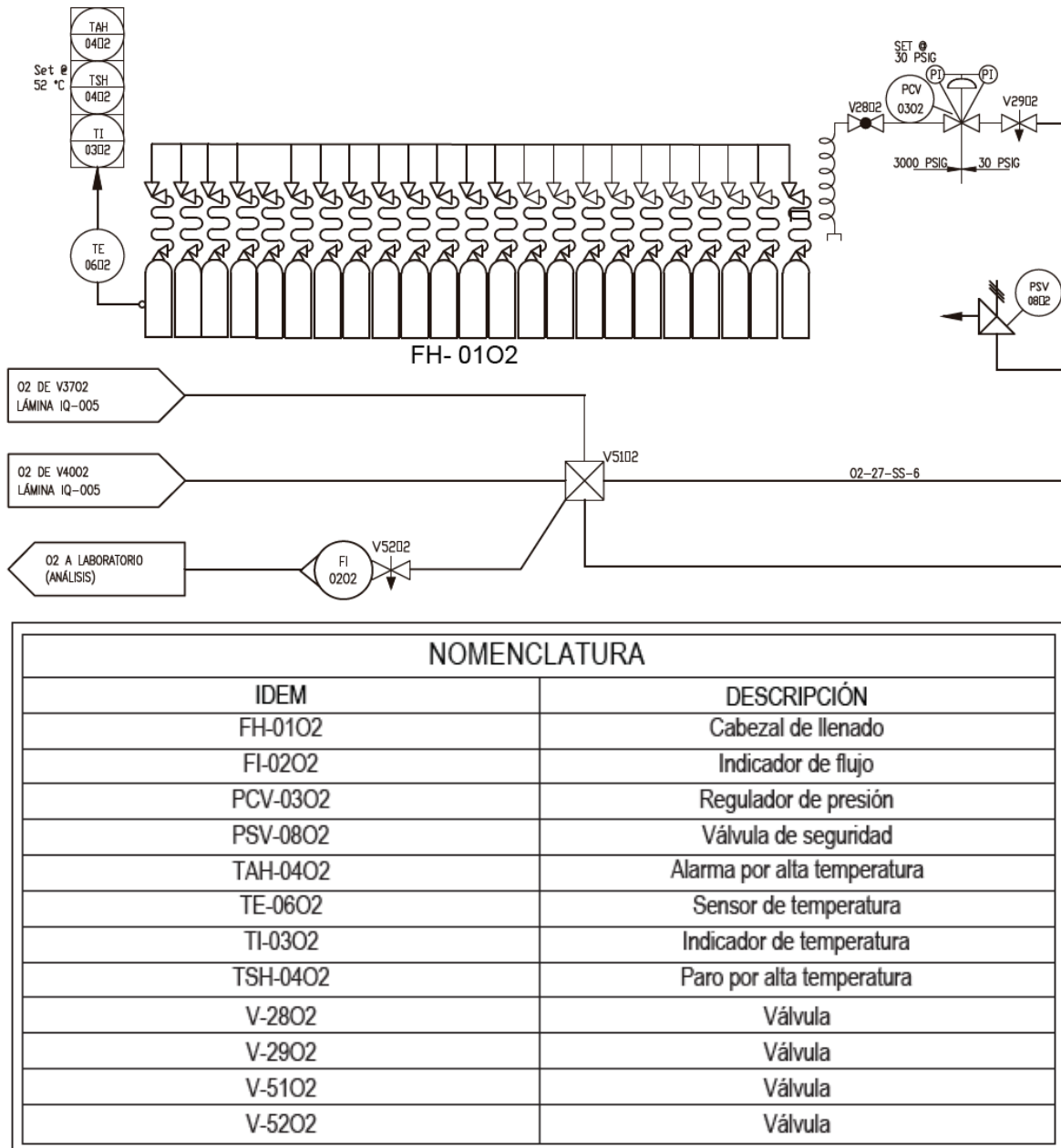
NOMENCLATURA	
IDEM	DESCRIPCIÓN
LG-01CO2	Visor de nivel
KV-01CO2	Válvula de control de flujo
KV-02CO2	Válvula de control de flujo
V-48CO2	Válvula
V-49CO2	Válvula
VP-01CO2	Bomba de vacío
Y-03CO2	Válvula de retención

Figura 5.2.6. P&ID propuesto para bomba de vacío de panel de venteo y vacío de cilindros de dióxido de carbono.

5.3. Cambio de material de tubería de análisis

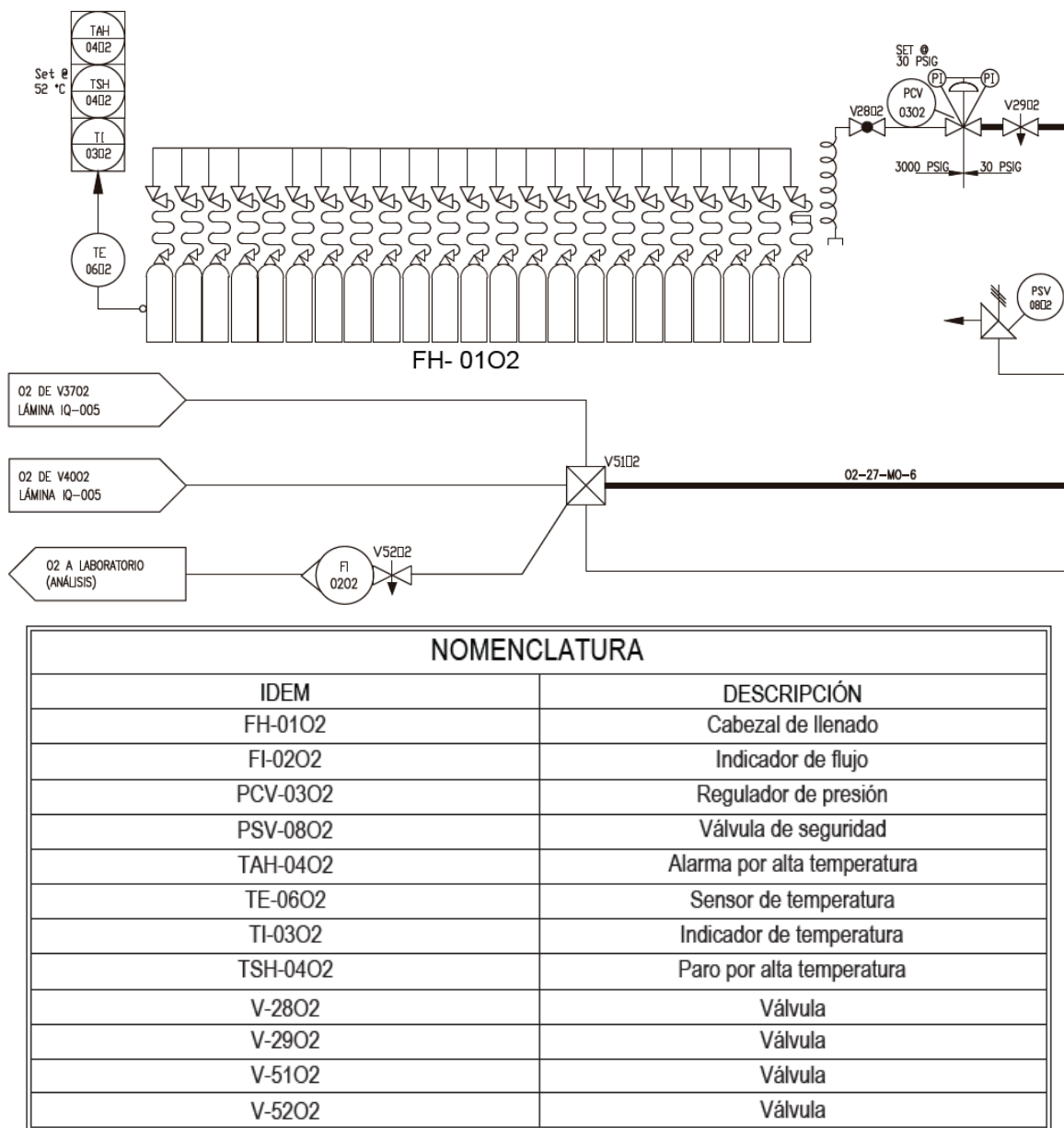
En el nodo (7) línea de análisis de oxígeno se evaluó la consecuencia de un aumento en el flujo en esta línea, y con base en esto se determinó la necesidad de modificar el material de la tubería de la línea de análisis que se encuentra después del regulador mostrado en la Figura

5.3.1, ya que la tubería instalada de la línea O2-27-SS-6 está fabricada de acero inoxidable, tomando en cuenta la especificación de los materiales indicado en el cuadro 2.10.1. se determina que no es compatible con oxígeno a alta presión, ya que en caso de una apertura al máximo del regulador o de un fallo del mismo en posición abierta ocasionaría superar la velocidad crítica de oxígeno, lo cual sería suficiente para causar un destello en la línea.



Figuras 5.3.1. P&ID actual de bahía de llenado de cilindros de oxígeno.

Se requiere hacer un cambio en el material de la tubería de las líneas de análisis basado en el Cuadro 2.10.1, del cual se obtiene que la aleación monel 400 es aceptada y tomando en cuenta que las líneas de llenado están fabricadas de esta aleación, se sugiere mantener el mismo material. El cambio en el P&ID requerido se muestra en la Figura 5.3.2. en el cual la tubería de acero inoxidable (O2-27-SS-6) es cambiada por aleación de monel 400 (O2-27-MO-6). Además en el Cuadro 5.3.1. se indica la cotización de los materiales requeridos para efectuar este cambio, por lo tanto se estima que el costo del mismo sería de \$551.12.



Figuras 5.3.2. P&ID propuesto de bahía de llenado de cilindros de oxígeno.

Cuadro 5.3.1. Cotización de materiales para línea de análisis de cilindros de oxígeno.

Insumo	Material	Cantidad	Proveedor	Costo Unitario
Tubería	Monel 400	12 m	Specialty Materials SA	\$35.36/m ⁽¹⁾
Conector macho	Monel 400	8 unidades	Facility & Supply SA	\$15.82/unidad ⁽¹⁾

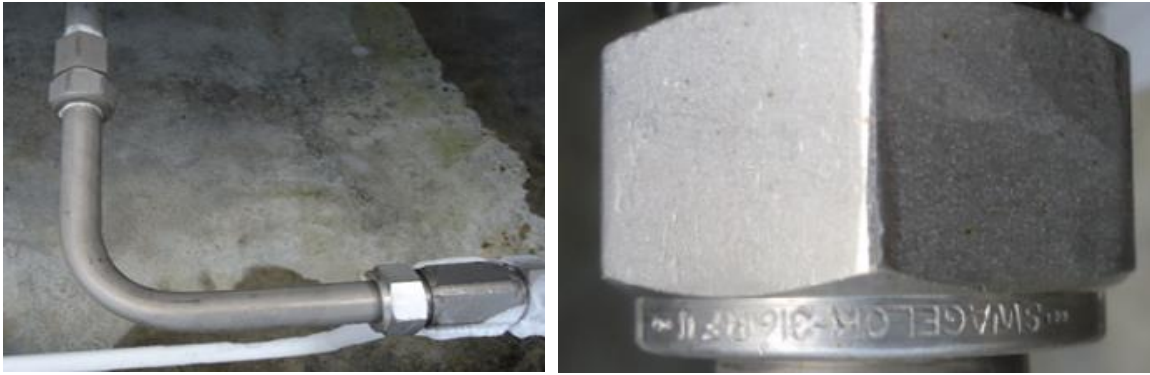
⁽¹⁾ Los costos de los productos fueron indicados por el proveedor en noviembre 2017.

5.4. Cambio de material de tubería y accesorios en línea de llenado

Al realizar el análisis del material en el nodo (4) bahías de llenado de oxígeno (línea de llenado de cilindros) se determinó que se debe llevar a cabo una verificación de los materiales instalados con el propósito de asegurar que los mismos sean compatibles con oxígeno. La misma se llevó a cabo tomando en cuenta el diagrama de procesos e instrumentación (P&ID), los estándares de diseño de la compañía y la inspección en campo de lo que se encuentra instalado. Una vez concluida la revisión se determinó que el material de algunos accesorios instalados no cumplen para estar en servicio de oxígeno a alta presión.

El primero de ellos es una tuerca en acero inoxidable ubicada en la tubería de salida del gasificador Y-01O2 que se muestra en la Figura 5.4.1., la cual según la información indicada en el cuadro 2.10.1. donde se definen los materiales que pueden ser utilizados en servicio de oxígeno a alta presión, se determinó que este material representa un riesgo para la operación debido a que el mismo no es compatible en estas condiciones, y ya que en esta línea se pueden alcanzar presiones superiores a 3,000 psig debe ser cambiada por una tuerca de material con soporte de cobre, no ferroso, como monel 400, monel 500 o bronce y de esta manera evitar un posible destello.

Se recomienda que el cambio indicado será por una tuerca fabricada de monel 400 para ser consistente con los demás accesorios que se encuentran instalados en la línea de llenado de cilindros.



Figuras 5.4.1. Tuerca de acero inoxidable a la salida del gasificador Y-01O2.

Además se encontró que tanto la tuerca como el conector de cada una de las mangueras de los “cilindros madre” que se utilizan en el panel de trasvase de cilindros de oxígeno y que se muestran en la Figura 5.4.2. (en total se utilizan 6 “cilindros madre” y en esta figura solamente se muestra un conector a modo de ejemplo) están fabricadas de acero inoxidable, por lo tanto al observar que la presión de los cilindros es de hasta 2640 psig el material del conector debe ser cambiado por alguno de los materiales compatibles indicados en el Cuadro 2.10.1 con el fin de asegurar la compatibilidad con el producto a llenar.

La cotización de los materiales requeridos para efectuar el cambio se indica en el Cuadro 5.4.1. y de esta manera se estima que el costo del cambio propuesto sería de \$2105.5.



Figuras 5.4.2. Conector de acero inoxidable en la manguera de un “cilindros madre” del panel de trasvase.

Cuadro 5.4.1. Cotización de materiales de material de tubería.

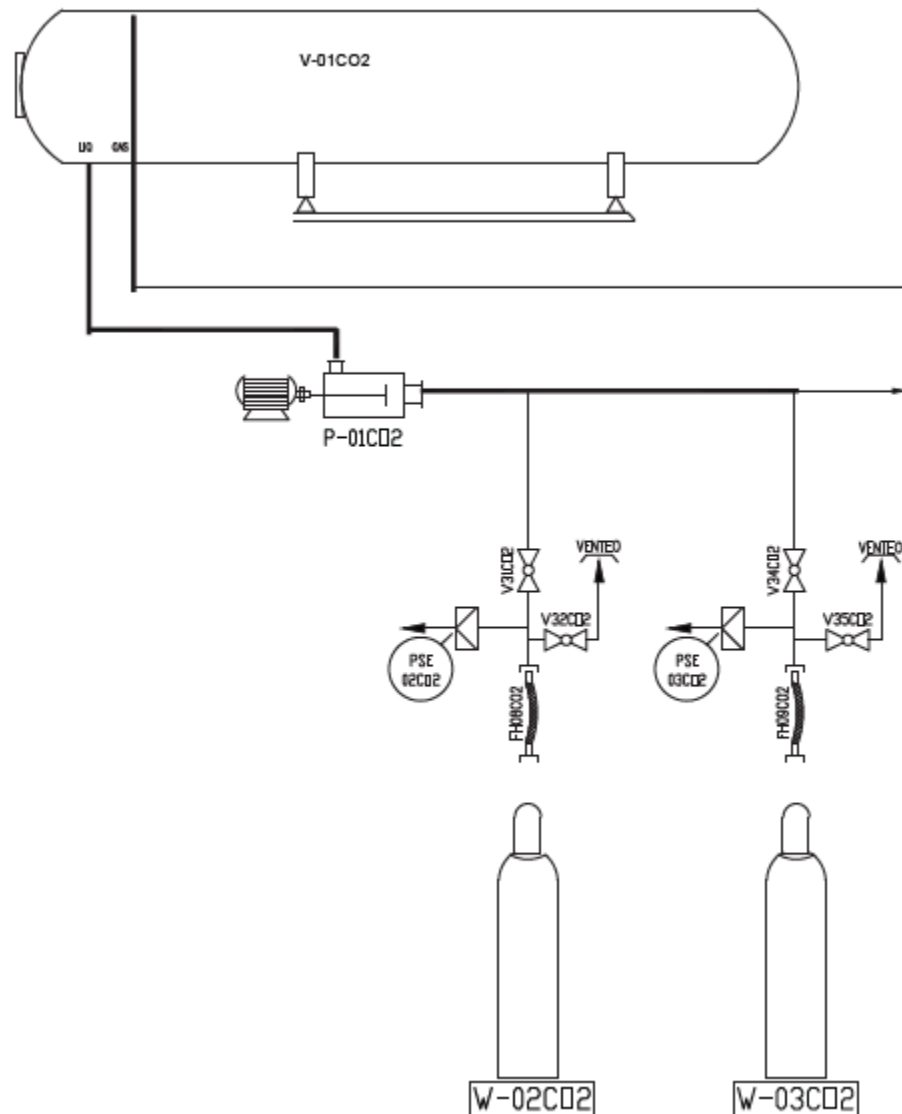
Insumo	Material	Cantidad	Proveedor	Costo Unitario
Tuerca	Monel 400	1	Facility & Supply SA	\$94.40 ⁽¹⁾
Conector	Monel 400	7	Facility & Supply SA	\$287.30 ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Los costos de los productos fueron indicados por el proveedor en noviembre 2017

5.5. Implementación de llenado por trasvase de cilindros de CO₂

En el nodo (14) línea de tanque V01CO2 a bomba P01CO2 al evaluar el efecto que provocaría el tener una alta velocidad o un alto nivel en el llenado de cilindros, se determinó que para el llenado de cilindros pequeños de CO₂ la báscula W-03CO2 no es adecuada, debido a que no cumple con las especificaciones mostradas en el Cuadro 2.6.1. en donde se indica que la capacidad máxima de la báscula debe ser de 50 kg con una graduación mínima de 0.1 kg (actualmente la báscula tiene una capacidad de 300 kg con una graduación mínima de 0.2 kg). Además la bomba de llenado P-01CO2 impulsa un flujo que es difícil de controlar para el operador, lo cual podría provocar el sobrellenado de cilindros inferiores a 4 kg.

En la Figura 5.5.1. se muestra el diagrama general actual, en donde se tiene el dióxido de carbono en un tanque de almacenamiento, el mismo es impulsado con la bomba de llenado hasta el cilindro que se encuentra en la báscula.



NOMENCLATURA	
IDEM	DESCRIPCIÓN
FH-08CO2	Manguera
FH-09CO2	Manguera
P-01CO2	Bomba
PSE-02CO2	Disco de ruptura
PSE-03CO2	Disco de ruptura
V-01CO2	Tanque de almacenamiento
V-31CO2	Válvula
V-32CO2	Válvula
V-34CO2	Válvula
V-35CO2	Válvula
W-02CO2	Báscula
W-03CO2	Báscula

Figura 5.5.1. P&ID general del sistema de llenado actual de cilindros de dióxido de carbono con una capacidad igual o menor a 4 kg.

Por lo indicado anteriormente se tienen dos opciones, la primera sería instalar un variador de velocidad a la bomba de llenado de cilindros actual, de tal manera que el flujo pueda reducirse cuando se llenen cilindros inferiores a 4 kg, sin embargo debido a la baja demanda de este tipo de presentación de cilindros, la opción es descartada porque esta modificación no es factible. La segunda opción sería instalar un sistema de llenado por trasvase de tal manera que se utilice “un cilindro madre” para pasar el producto al cilindro que se requiere llenar, del tal manera que el operador pueda garantizar la cantidad de dióxido de carbono con el que será llenado el cilindro.

Para la instalación de este sistema se debe tener en cuenta que el CO₂ no es considerado un gas con características oxidantes, por lo tanto el mismo no presenta problemas de incompatibilidad de materiales y por lo tanto como anteriormente se indicó en el Cuadro 2.10.1. se puede utilizar acero inoxidable, de esta manera se requeriría la adquisición en este material de una cruz, la cual tendrá a cada uno de los extremos la conexión de una manguera, una de ellas conectada al “cilindro madre” del cual se tomará el producto y la otra al cilindro que será llenado.

Además se deberá instalar una válvula de bola al tercer extremo para liberar la presión del sistema una vez completado el llenado. En la última conexión, se colocaría una válvula de seguridad, la cual tendría un valor de apertura igual a la máxima presión del elemento más débil del sistema, con el fin de que el mismo esté protegido en caso de alcanzarse un valor superior a este. El material para cada uno de los dispositivos anteriormente indicados es acero inoxidable.

En el Cuadro 5.5.1. se detalla la cotización de los materiales que serían utilizados en la instalación del sistema de trasvase, el cual tendría un valor total de \$2282.46.

Cuadro 5.5.1. Cotización de materiales para llenado por trasvase de cilindros de CO₂.

Insumo	Material	Cantidad	Proveedor	Costo Unitario
Cruz	Acero inoxidable	1	Facility & Supply SA International	\$495.41 ⁽¹⁾
Manguera	Acero inoxidable	2	Technisystem Inc.	\$104.00 ⁽¹⁾
Válvula de bola	Acero inoxidable	1	Facility & Supply SA	\$853.65 ⁽¹⁾
Válvula de seguridad	Acero inoxidable	1	Tech-Sales	\$725.4 ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Los costos de los productos fueron indicados por el proveedor en noviembre 2017.

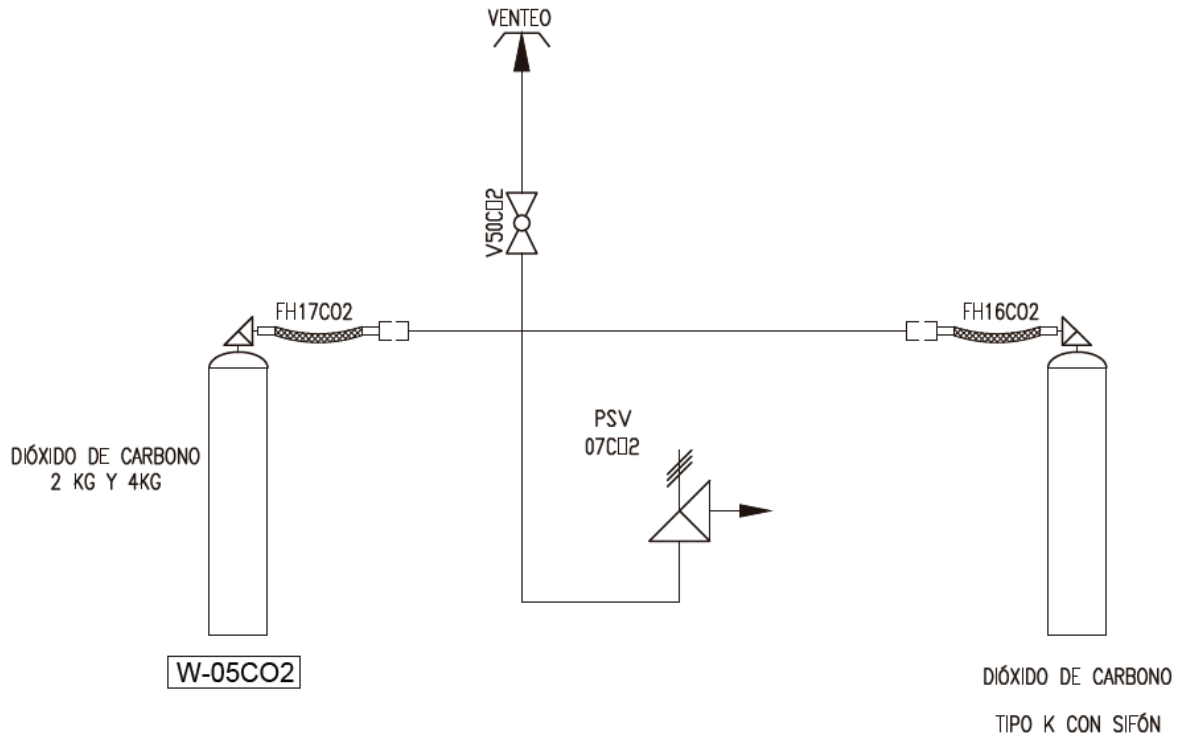
El otro equipo que se requiere es la báscula, sobre la cual será pesado el cilindro a ser llenado para determinar la cantidad de dióxido de carbono que contendrá. Al tratarse de cilindros con un peso bruto igual o menor a 20.0 kg se deberá adquirir una báscula con una capacidad de 50 kg y la misma deberá tener una graduación de 0.1 kg así como una precisión del 0.1 %.

Cuadro 5.5.2. Cotización de báscula para llenado por trasvase de cilindros de CO₂.

Insumo	Capacidad	Graduación (kg)	Precisión (%)	Proveedor	Costo Unitario
Báscula	50 kg	0.1	0.06	Romanas Azocar	\$352 ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Los costos de los productos fueron indicados por el proveedor en octubre 2017.

En la figura 5.5.1. se muestra el P&ID con los dispositivos propuestos anteriormente para garantizar un llenado seguro de los cilindros con una capacidad igual o menor a 4 kg de dióxido de carbono.



NOMENCLATURA	
IDEM	DESCRIPCIÓN
FH-16CO2	Manguera
FH-17CO2	Manguera
PSV-07CO2	Válvula de seguridad
V-50CO2	Válvula
W-05CO2	Báscula

Figuras 5.5.2. P&ID propuesto para el llenado de cilindros de dióxido de carbono con una capacidad igual o menor a 4 kg.

Adicional a lo anterior se deberá generar el parámetro crítico de operación llamado sobrellenado de cilindros de dióxido de carbono, ya que en caso de llenar el cilindro pequeño con un exceso de producto, podría provocar un aumento en la presión hasta el punto de alcanzar el valor crítico, y por consiguiente puede llegar a causar la ruptura del cilindro. El nuevo parámetro crítico se muestra en el Cuadro 5.5.3., el cual toma en cuenta la capacidad máxima de dióxido de carbono que puede contener un cilindro basado en su volumen hidráulico, y tiene como objetivo definir una serie de pasos que debe seguir la persona operadora ante un eventual sobrellenado.

Cuadro 5.5.3. Parámetro crítico de operación - Sobrellenado de cilindros de dióxido de carbono con capacidad igual o menor a 4 kg.

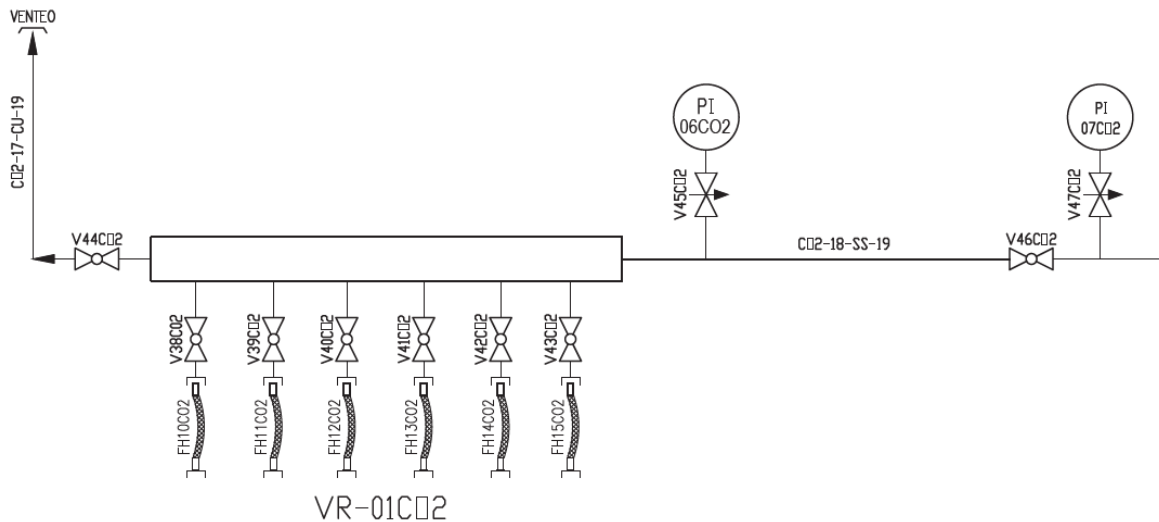
Peligro	Consecuencia	Parámetro	Límite de operación	Límite COP	Acciones
Sobrellenado	Ruptura del cilindro	Masa	Volumen del cilindro: 7.44 L (Tipo G)		1. CERRAR la válvula. 2. CONECTAR el cilindro al panel de venteo. 3. ABRIR la válvula del cilindro para ventearlo hasta alcanzar el límite de operación. 4. CERRAR la válvula del cilindro.
			4 kg	5.05 kg	
			Volumen del cilindro: 4.92 L (Tipo E)		
			2.5 kg	3.34 kg	
			Volumen del cilindro: 3.65 L (Tipo D)		
			2 kg	2.48 kg	

5.6. Instalación de válvula de seguridad

En el análisis del caso de una mayor temperatura en el nodo (15) panel de venteo y vacío de cilindros de CO₂ (línea de venteo) se llegó a la conclusión que no hay un dispositivo de seguridad que libere la presión producto de la gasificación de dióxido de carbono, en caso de conectar un cilindro con tubo sifón o eductor (tubo unido a la válvula del cilindro cuyo propósito es la extracción de líquido del fondo del cilindro) al panel.

La función de este panel que se muestra en la Figura 5.6.1. es el de liberar el producto residual que tienen los cilindros de dióxido de carbono que regresan a planta y que deben ser llenados.

La mayoría de cilindros de este producto no contiene tubo sifón, por lo que la probabilidad de tener líquido en la línea es casi nula. Sin embargo, la empresa comercializa cilindros que tienen tubo sifón, cuyo fin es el de extraer dióxido de carbono líquido y no gas.

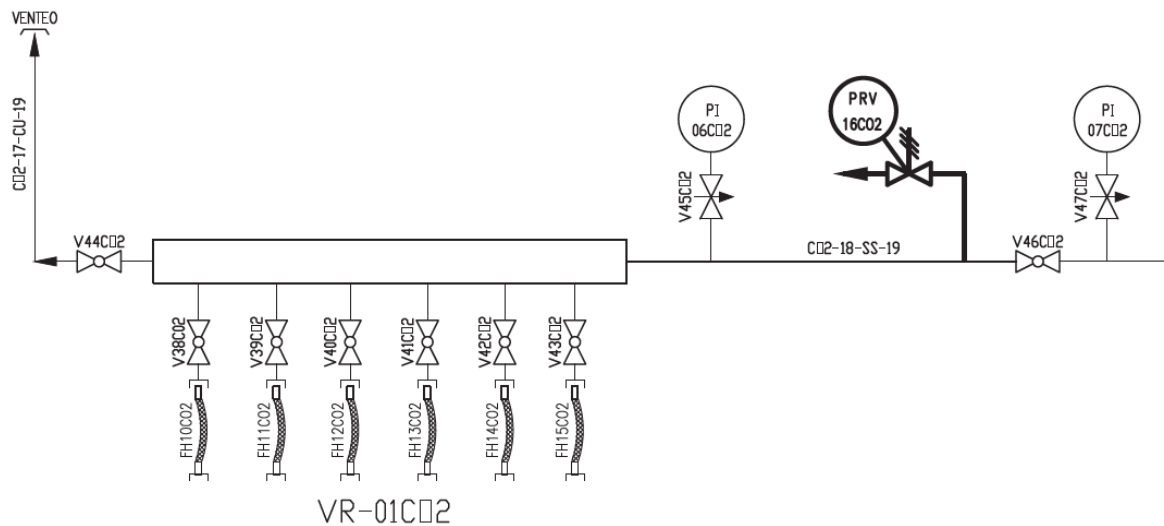


NOMENCLATURA	
IDEM	DESCRIPCIÓN
FH-10CO2, FH-11CO2, FH-12CO2, FH-13CO2, FH-14CO2, FH-15CO2	Mangueras
PI-06CO2	Indicador de presión
PI-07CO2	Indicador de presión
V-38CO2, V-39CO2, V-40CO2, V-41CO2, V-42CO2, V-43CO2	Válvulas
V-44CO2	Válvula
V-45CO2	Válvula
V-46CO2	Válvula
V-47CO2	Válvula
VR-01CO2	Panel de venteo y vacío

Figura 5.6.1. P&ID de panel de venteo y vacío de cilindros de dióxido de carbono.

De esta manera, si un cilindro con tubo sifón es conectado al panel y además se realiza una incorrecta aplicación del procedimiento de llenado de cilindros de dióxido de carbono, podría quedar entrampado líquido refrigerado entre las válvulas del panel y la del cilindro que se está venteando, el cual al calentarse se gasificaría hasta el punto de causar la ruptura de la tubería.

Por lo indicado anteriormente se debe instalar una válvula de relevo de presión cuya función es liberar al ambiente una acumulación de gas cuando se alcanza el valor de apertura de la válvula con el fin de proteger el sistema de una eventual ruptura, esta válvula debe ser capaz de liberar el exceso de gas que se puede llegar a generar en caso de presentarse la situación anteriormente descrita. En la figura 5.6.2. se muestra el cambio requerido en el P&ID, además en el cuadro 5.6.1. se muestra la cotización de la válvula para efectuar el cambio, la cual tendría un costo de \$725.4.



NOMENCLATURA	
IDEM	DESCRIPCIÓN
FH-10CO2, FH-11CO2, FH-12CO2, FH-13CO2, FH-14CO2, FH-15CO2	Mangueras
PI-06CO2	Indicador de presión
PI-07CO2	Indicador de presión
PRV-16CO2	Válvula de relevo de presión
V-38CO2, V-39CO2, V-40CO2, V-41CO2, V-42CO2, V-43CO2	Válvulas
V-44CO2	Válvula
V-45CO2	Válvula
V-46CO2	Válvula
V-47CO2	Válvula
VR-01CO2	Panel de venteo y vacío

Figura 5.6.2. P&ID propuesto para panel de venteo de cilindros de dióxido de carbono.

Cuadro 5.6.1. Propuesta para instalación de válvulas de relevo de presión en panel de venteo.

Insumo	Material	Cantidad	Proveedor	Costo Unitario
Válvula de relevo de presión	Acero inoxidable	1	Tech-Sales	\$725.4 ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Los costos de los productos fueron indicados por el proveedor en noviembre 2017.

Basado en el análisis de riesgos realizado se proponen las acciones correctivas anteriormente descritas en este capítulo para los niveles de riesgo con valores de 1 y 2, los cuales según la compañía deberán ser mitigados a un nivel de riesgo 3 o menor. Por lo tanto es necesario modificar el procedimiento de llenado de cilindros, el arreglo de las válvulas de retención de las líneas de vacío y el material de algunas tuberías y accesorios, ya que tienen el potencial de condiciones que comprometen la integridad de los equipos y por ende al personal que se encuentra en el área. También se propone una opción para el llenado de cilindros de dióxido de carbono con un peso neto menor a 4 kg y la instalación de una válvula de relevo de presión en la línea de venteo y vacío, de lo contrario podría ocurrir la ruptura de los cilindros o de la tubería.

CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Del análisis de riesgos de los procesos de envasado de oxígeno gaseoso a alta presión, oxígeno líquido y dióxido de carbono se establecen las conclusiones de la investigación así como las recomendaciones respectivas para mantener la operación en niveles de riesgo aceptable y evitar un posible evento de seguridad que comprometa la integridad de las personas o de los equipos.

6.1. Conclusiones

- De la investigación documental realizada acerca de la metodología HAZOP así como de las características del oxígeno y dióxido de carbono, se concluye que esta herramienta (HAZOP) posee las características para analizar los riesgos de operación de los procesos de envasado de oxígeno gaseoso a alta presión, oxígeno líquido y dióxido de carbono porque dentro del análisis considera aspectos técnicos, de diseño y seguridad con el fin de determinar desviaciones de los mismos que puedan propiciar condiciones inseguras en el desarrollo de los mismos.
- De la investigación de los estándares que definen las características de diseño con los cuales deben cumplir los equipos que conforman los procesos de llenado de oxígeno y dióxido de carbono, se concluye que la empresa cuenta con información suficientemente detallada para definir los requerimientos de los sistemas de llenado de manera que se garantice una operación segura.
- Como resultado de la revisión de los diagramas de proceso e instrumentación (P&ID's), procedimientos de operación, parámetros críticos de operación (COP's) y el programa de mantenimiento y calibración se concluye que la compañía cuenta con un sistema documental robusto para mantener el proceso de llenado en condiciones seguras.
- Con base en la frecuencia con la que se han presentado eventos de seguridad en la compañía debido a fallas en los sistemas de protección de las variables estudiadas así como la severidad que ocasionaría una falla en los sistemas de protección de las mismas se determinó el nivel de riesgo de cada una de las posibles desviaciones del

proceso, siendo la etapa del llenado de cilindros de CO₂ de 2 kg y 4 kg la de mayor criticidad por tener un nivel de riesgo 1.

- Según el análisis de riesgos realizado se concluye que los procedimientos de llenado de cilindros de oxígeno y dióxido de carbono, el parámetro crítico de operación por baja temperatura en cilindros de oxígeno, las órdenes de trabajo de la válvulas automáticas y filtros, así como la señalización del área de llenado requieren acciones de mejora debido a que tienen niveles de riesgo entre 3 y 4, el cual es aceptable con los controles existentes, pero podrían llegar a propiciar un evento de seguridad.
- Según el análisis de riesgos realizado se concluye que el procedimiento de llenado de cilindros de oxígeno, el arreglo de válvulas de retención de las líneas de vacío, algunos accesorios en la línea de llenado y el material de la tubería de análisis de cilindros de oxígeno, el sistema de llenado de cilindros de 2 kg y 4 kg de CO₂ así como la ausencia de una válvula de seguridad en el panel de venteo requieren acciones correctivas porque presentan niveles de riesgo entre 1 y 2, lo cual es inaceptable debido a que tienen una alta probabilidad de causar un evento significativo en la operación.

6.2. Recomendaciones

- Se recomienda el cambio de las válvulas retención instaladas en los sistemas de vacío por el modelo aprobado así como reubicarlas según los estándares de la compañía con el fin de proteger a la bomba de vacío.
- Se recomienda cambiar las tuberías y dispositivos fabricados en acero inoxidable que se encuentran en las líneas de llenado de oxígeno a alta presión por insumos fabricados con un material compatible.
- Se recomienda implementar un sistema de llenado de cilindros de dióxido de carbono por trasvase para los cilindros con un peso neto de llenado de 4 kg o menos para evitar que los mismos sean sobrellenados con la bomba debido a que el flujo de que esta proporciona es muy alto para ser controlado por la persona operadora.

- Se recomienda instalar una válvula de seguridad en el panel de venteo de cilindros de dióxido de carbono con el fin de que la misma libere la presión generada en caso de que producto líquido que entrampada entre las válvulas del panel.
- Se recomienda modificar los procedimientos inspección externa de cilindros y los procedimientos de llenado de cilindros oxígeno y de llenado de dióxido de carbono y revisarlos con el personal para que los cambios se vean reflejados en las operaciones de la planta.
- Se recomienda crear órdenes de trabajo para la inspección de algunos dispositivos del sistema de llenado que actualmente no se encuentran dentro del programa de mantenimiento.
- Se recomienda realizar un análisis de riesgo en un periodo no mayor a tres años o cuando haya una modificación significativa a los procesos de llenado estudiados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arbeláez, C. y Muñoz, F. (2016). *Módulo 1: Conceptos Generales de seguridad de procesos*. Ecopetrol, 2, 9.
- Argüello, F (2004). *Elaboración de un Manual para el Desarrollo de un Sistema de Análisis de Peligros y Operabilidad (HAZOP) para la Industria donde Participan Reacciones Gaseosas*. Universidad de Costa Rica: San José.
- Air liquide. (2012). *Enciclopedia de los gases*. Recuperado el 14 de Julio de 2016, del sitio: <http://encyclopedia.airliquide.com>
- Benavides, B. y Ruiz-Frutos, C. (2006). *Salud laboral: conceptos y técnicas para la prevención de los riesgos laborales*. España: Masson.
- Brenes, D. (2004). *Elaboración de un instrumento de soporte al análisis de peligros utilizando la técnica HAZOP en reactores químicos de la industria costarricense*. Universidad de Costa Rica: San José.
- Bridges, W. (2008). *Selection of Hazard Evaluation Techniques*. Estados Unidos: Process Improvement Institute, Inc.
- Center for Chemical Process Safety (1992). *Guidelines for Hazard Evaluation Procedures with worked examples*. Estados Unidos: American Institute of Chemicals Engineers.
- Clay, F. (2007). *Standard EN-18: Design of Cryogenic Systems*. Estados Unidos: Autor.
- Clay, F. (2017). *Standard GS-0038: Class 2 (Oxygen) Cleaning*. Estados Unidos: Autor.
- EPCRA. (2008). *Chemical Emergency Prevention & Paning*. Recuperado el 14 de Julio de 2016, del sitio: https://www3.epa.gov/region10/pdf/rmp/cepp_newsletter_0708.pdf
- Galante, E. Bordalo, y D., Nobrega, M. (2014). *Risk Assessment Methodology: Quantitative HazOp*. Journal of Safety Engineering, 3, 32-34.

- Guerrero, L (2001). *La seguridad industrial y el mantenimiento: elementos de una empresa eficiente*. España: Madrid Tébar.
- Johnson, D. (2005). *Standard G02.001: Parámetros Críticos de Operación (COPs)*. Estados Unidos: Autor.
- Johnson, D. (2008). *Standard G03.230: High Pressure Gaseous Oxygen Systems*. Estados Unidos: Autor.
- Marlin, T. (2014). *Operability in process design: achieving safe, profitable, and robust process operations*. Canadá: McMaster University.
- Martínez, J. (2002). *Introducción al análisis de riesgos*. México: Limusa.
- Nolan, D. (2014). *Safety and Security Review for the Process Industries*. Estados Unidos: Elsevier Science Publishing Co Inc.
- Notaro, J. (1994). *GS-63 High Pressure Pumping System*. Estados Unidos: Autor.
- Oliveira, L. (2011). *Sección G03.250: Sistema de Evacuación de Cilindros*. Estados Unidos: Autor.
- Ramírez, C. (2005). *Seguridad industrial: un enfoque integral*. México: Limusa.
- Ryll, B. (2012). *Worldwide SH&E Manual*. Estados Unidos: Autor.
- Schmidt, J. (2005). *Standard G03.200: Transfill Systems*. Estados Unidos: Autor.
- Schmidt, J. (2006). *Standard G04.001 Requisitos de Sistema de Mantenimiento*. Estados Unidos: Autor.
- Syed, R. (2010). *Standard G03.040: Trapped Liquefied Gas Products*. Estados Unidos: Autor.
- Syed, R. (2012). *Standard G03.120: Cylinder Sacle Specifications*. Estados Unidos: Autor.
- Syed, R. (2013). *Standard G03.235: High Pressure and Ultra-High Pressure Fill Systems*. Estados Unidos: Autor.

Taraboletti, A. (2001). *GS-130 Carbon Dioxide – Liquid Storage Tank Specification For Plants and Depots*. Estados Unidos: Autor.

Zakrzewski, D. (2017). *Praxair Standards Program*. Estados Unidos: Autor.

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de riesgos para el proceso de envasado de los productos oxígeno y dióxido de carbono en una empresa productora de gases industriales y medicinales

Columna 1 (palabra guía): son palabras que se utilizan en combinación con los parámetros para realizar una evaluación sistemática de las desviaciones a través de los dibujos de P&ID.

Columna 2 (desviación): combinación de la palabra guía con el parámetro que se está evaluando.

Columna 3 (causa): razones por las cuales un peligro puede ocurrir.

Columna 4 (consecuencias): consecuencias que se producirían como efecto de la desviación.

Columna 5 (salvaguardas): son las protecciones que se tienen para reducir la frecuencia o severidad de la desviación.

Columna 6 (severidad): indicación cualitativa de la severidad de las consecuencias de la desviación (ver Cuadro 1.5.2.).

Columna 7 (frecuencia): indicación cualitativa de la frecuencia esperada de ocurrencia de la desviación (ver Cuadro 1.5.1.).

Columna 8 (riesgo): indicación cualitativa del nivel de riesgo de cada desviación tomando en cuenta la severidad y la frecuencia (ver Cuadro 1.5.3.).

Columna 9 (recomendaciones): medidas que se deben tomar para reducir la frecuencia o severidad de la desviación para reducir el nivel de riesgo.

Hoja de Trabajo

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales

Nodo: (1) Tanque de almacenamiento V-01O2

Dibujo: Lámina IQ-001

Parámetro: Flujo

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
No	1. No flujo	1.1. Válvulas V10O2 y V12O2 cerradas.	1.1.1. <ul style="list-style-type: none"> • No llenado del tanque de almacenamiento V-01O2. • No llenado de cilindros y PGS's. 	1.1.1.1. Indicador de nivel LI01O2. 1.1.1.2. Procedimiento de descarga de isotanques.	4	4	4	
		1.2. Filtro STR01O2 obstruido.	1.2.1. <ul style="list-style-type: none"> • No llenado del tanque de almacenamiento V-01O2. • No llenado de cilindros y PGS's. 	1.2.1.1. Indicador de nivel LI01O2.				
Menos	2. Menos flujo	2.1. Válvulas V10O2 y V12O2 parcialmente abiertas.	2.1.1. Llenado lento del tanque de almacenamiento V-01O2.	2.1.1.1. Indicador de nivel LI01O2.	4	4	4	
		2.2. Filtro STR01O2 parcialmente obstruido.	2.2.1. Llenado lento del tanque de almacenamiento V-01O2.	2.2.1.1. Indicador de nivel LI01O2.	4	4	4	
Más	3. Mas flujo	3.1. Escenario poco probable, la carga del tanque V-01O2 se realiza por diferencial de presión con un isotanque que tiene una presión máxima de 175 psig, por lo cual no habría un flujo mayor al diseñado para esta presión.	3.1.1. Escenario poco probable.	3.1.1.1. Escenario poco probable.	5	5	4	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales

Nodo: (1) Tanque de almacenamiento V-01O2

Dibujo: Lámina IQ-001

Parámetro: Flujo

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Otro que	4. Flujo mal direccionado	4.1. Válvulas V11O2, V13O2 abiertas.	4.1.1. <ul style="list-style-type: none"> • Liberación de oxígeno líquido. • Quemaduras al personal. • Atmósfera enriquecida de oxígeno. 	4.1.1.1. Indicador de nivel LI01O2. 4.1.1.2. Procedimiento de descarga de isotanques. 4.1.1.3. Plan de emergencia de la localidad.	2	4	3	
Reverso	5. Flujo reverso	5.1. Flujo de oxígeno del tanque de almacenamiento V-01O2 al isotanque durante el llenado del tanque por diferencial de presión.	5.1.1. Sobrepresurización del isotanque.	5.1.1.1. Válvula de retención Y01O2. 5.1.1.2. Procedimiento de descarga de isotanques. 5.1.1.3. Válvulas de seguridad del isotanque.	3	4	4	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales

Nodo: (1) Tanque de almacenamiento V-01O2

Dibujo: Lámina IQ-001

Parámetro: Temperatura

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Menos	6. Baja temperatura	6.1. Escenario poco probable, el oxígeno líquido se encuentra a -183 °C, y durante el proceso no hay ninguna condición que pueda hacer disminuir la misma.	6.1.1. Escenario poco probable.	6.1.1.1. Escenario poco probable.	5	5	4	
Más	7. Alta temperatura	7.1. Pérdida de vacío del tanque de almacenamiento V-01O2.	7.1.1. <ul style="list-style-type: none"> • Sobrepresurización. • Atmósfera enriquecida de oxígeno. • Apertura de válvulas de seguridad. • Apertura de discos de ruptura. 	7.1.1.1. Válvulas de seguridad PSV01O2, PSV02O2. 7.1.1.2. Discos de ruptura PSE01O2, PSE02O2. 7.1.1.3. Programa de mantenimiento.	3	4	4	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales
 Nodo: (1) Tanque de almacenamiento V-01O2
 Dibujo: Lámina IQ-001 / Lámina IQ-002 / Lámina IQ-003
 Parámetro: Presión

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Menos	8. Baja presión	8.1. Descarga de isotanque a tanque de almacenamiento V-01O2 por la fase gas.	8.1.1. <ul style="list-style-type: none"> • Cavitación de bomba. • No llenado de cilindros y PGS's. 	8.1.1.1. Procedimiento de descarga de isotanques.	3	3	4	
				8.1.1.2. Procedimiento de llenado de cilindros de oxígeno.				
				8.1.1.3. Procedimiento de llenado de PGS's.				
		8.2. Válvulas de seguridad PSV01O2 y PSV02O2 abiertas.	8.2.1. <ul style="list-style-type: none"> • Cavitación de bomba. • No llenado de cilindros y PGS's. • Liberación de oxígeno líquido. • Quemaduras al personal. • Atmósfera enriquecida de oxígeno. 	8.2.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros de oxígeno.	2	4	3	
8.2.1.2. Procedimiento de llenado de PGS's.								
8.2.1.3. Programa de mantenimiento.								
8.3. Discos de ruptura PSE01O2 y PSE02O2 abiertos.	8.3.1. <ul style="list-style-type: none"> • Cavitación de bomba. • No llenado de cilindros y PGS's. • Liberación de oxígeno líquido. • Quemaduras al personal. • Atmósfera enriquecida de oxígeno. 	8.3.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros de oxígeno.	2	4	3			
		8.3.1.2. Procedimiento de llenado de PGS's.						
		8.3.1.3. Programa de mantenimiento.						
8.4. Válvula V01O2 y/o V03O2 en posición abierta.	8.4.1. <ul style="list-style-type: none"> • Cavitación de bomba. • No llenado de cilindros y PGS's. • Liberación de oxígeno líquido. • Quemaduras al personal. • Atmósfera enriquecida de oxígeno. 	8.4.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros de oxígeno.	2	4	3			
		8.4.1.2. Procedimiento de llenado de PGS's.						

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales
 Nodo: (1) Tanque de almacenamiento V-01O2
 Dibujo: Lámina IQ-001 / Lámina IQ-002 / Lámina IQ-003
 Parámetro: Presión

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones	
Más	9. Alta presión	9.1. Descarga de isotanque a tanque de almacenamiento V-01O2 por la fase líquida.	9.1.1. Sobrepresurización del tanque.	9.1.1.1. Procedimiento de descarga de isotanques.	3	4	4		
				9.1.1.2. Válvulas de seguridad PSV01O2, PSV02O2.					
				9.1.1.3. Discos de ruptura PSE01O2, PSE02O2.					
				9.1.1.4. Programa de mantenimiento.					
				9.1.1.5. Parámetro Crítico de Operación: Sobrellenado y alta presión de LO ₂ en tanque criogénico estacionario V-01O2.					
		9.2. Válvula de retorno de la bomba FV01O2, FV02O2 abierta por falta de nitrógeno de instrumentos.	9.2.1. Sobrepresurización del tanque.	9.2.1.1. Válvulas fallan en posición cerrada.	3	4	4		
				9.2.1.2. Válvulas de seguridad PSV01O2, PSV02O2.					
				9.2.1.3. Discos de ruptura PSE01O2, PSE02O2.					
		9.3. Válvula de retorno de la bomba FV01O2, FV02O2 abierta por falla mecánica.	9.3.1. Sobrepresurización del tanque.	9.3.1.1. Válvulas de seguridad PSV01O2, PSV02O2.	3	4	4		1) Incluir la inspección de las válvulas FV01O2, FV02O2 en el programa de mantenimiento.
				9.3.1.2. Discos de ruptura PSE01O2, PSE02O2.					
				9.3.1.3. Programa de mantenimiento.					
		9.4. Válvula selenoide de retorno de la bomba FY01O2, FY02O2 abierta por falla mecánica.	9.4.1. Sobrepresurización del tanque.	9.4.1.1. Válvulas de seguridad PSV01O2, PSV02O2.	3	4	4		
				9.4.1.2. Discos de ruptura PSE01O2, PSE02O2.					
				9.4.1.3. Programa de mantenimiento.					
		9.5. Pérdida de vacío del tanque de almacenamiento V-01O2.	9.5.1. Sobrepresurización del tanque.	9.5.1.1. Válvulas de seguridad PSV01O2, PSV02O2.	3	4	4		
				9.5.1.2. Discos de ruptura PSE01O2, PSE02O2.					
				9.5.1.3. Programa de mantenimiento.					

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales
 Nodo: (1) Tanque de almacenamiento V-01O2
 Dibujo: Lámina IQ-001
 Parámetro: Nivel

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Menos	10. Bajo nivel	10.1. No suministro de producto.	10.1.1. <ul style="list-style-type: none"> • Cavitación de bomba. • No llenado de cilindros y PGS's. • Daño de la bomba por arrastre de material en el asiento del tanque. 	10.1.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros de oxígeno.	2	4	3	
				10.1.1.2. Procedimiento de llenado de PGS's.				
				10.1.1.3. Indicador de nivel LI01O2.				
		10.2. Válvulas de seguridad PSV01O2 y PSV02O2 abiertas.	10.2.1. Igual a 8.2.1.		2	4	3	
		10.3. Discos de ruptura PSE01O2 y PSE02O2 abiertos.	10.3.1. Igual a 8.3.1.		2	4	3	
Más	11. Alto nivel	11.1. Descarga de isotanque al tanque de almacenamiento V-01O2.	11.1.1. Sobrepresurización del tanque.	11.1.1.1. Procedimiento de descarga de isotanques.	2	4	3	
				11.1.1.2. Indicador de nivel LI01O2.				
				11.1.1.3. Válvula de rebalse V03O2.				
				11.1.1.4. Parámetro Crítico de Operación: Sobrellenado y alta presión de LO ₂ en tanque criogénico estacionario V-01O2.				
				11.1.1.5. Válvulas de seguridad PSV01O2, PSV02O2.				
				11.1.1.6. Discos de ruptura PSE01O2, PSE02O2.				

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales

Nodo: (1) Tanque de almacenamiento V-01O2

Dibujo: Lámina IQ-001

Parámetro: Velocidad

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Menos	12. Baja velocidad	12.1. Sin riesgo para la operación, debido a que no hay un riesgo asociado para el oxígeno a baja velocidad.	12.1.1. Sin riesgo para la operación.	12.1.1.1. Sin riesgo para la operación.	5	5	4	
Más	13. Alta velocidad	13.1. Escenario poco probable, el valor de la velocidad crítica para el oxígeno es 200 psig/min, el cual no puede ser alcanzado en las condiciones del tanque.	13.1.1. Escenario poco probable.	13.1.1.1. Escenario poco probable.	5	5	4	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales

Nodo: (2) Llenado de PGS's de oxígeno

Dibujo: Lámina IQ-001 / Lámina IQ-002

Parámetro: Flujo

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
No	14. No flujo	14.1. Válvulas V07O2, V14O2, V18O2 cerradas.	14.1.1. No llenado del PGS.	14.1.1.1. Procedimiento de llenado de PGS's. 14.1.1.2. W-01O2.	4	4	4	
		14.2. Válvula de entrada de líquido y/o venteo del PGS cerrada.	14.2.1. No llenado del PGS.	14.2.1.1. Procedimiento de llenado de PGS's. 14.2.1.2. W-01O2.	4	4	4	
		14.3. Ruptura de manguera FH01O2.	14.3.1. • No llenado del PGS. • Derrame de líquido criogénico.	14.3.1.1. Procedimiento de llenado de PGS's. 14.3.1.2. W-01O2. 14.3.1.3. Programa de mantenimiento (programa de cambio de mangueras).	2	4	3	
		14.4. Bajo nivel de producto en tanque V-01O2.	14.4.1. No llenado del PGS.	14.4.1.1. Control de nivel de inventarios diarios de tanques. 14.4.1.2. Procedimiento de llenado de PGS's. 14.4.1.3. W-01O2.	4	4	4	
		15.1. Válvulas V07O2, V14O2, V18O2 parcialmente abiertas.	15.1.1. Llenado lento del PGS.	15.1.1.1. Procedimiento de llenado de PGS's. 15.1.1.2. W-01O2.	4	4	4	
		15.2. Válvula de entrada de líquido y/o venteo del PGS parcialmente abiertas.	15.2.1. Llenado lento del PGS.	15.2.1.1. Procedimiento de llenado de PGS's. 15.2.1.2. W-01O2.	4	4	4	
		15.3. Fuga de manguera FH01O2.	15.3.1. • No llenado del PGS. • Fuga de líquido criogénico.	15.3.1.1. W-01O2. 15.3.1.2. Programa de mantenimiento (programa de cambio de mangueras).	2	4	3	
		15.4. Baja presión en tanque V-01O2.	15.4.1. Llenado lento del PGS.	15.4.1.1. Control de nivel de inventarios diarios de tanques. 15.4.1.2. Procedimiento de llenado de PGS's. 15.4.1.3. W-01O2.	4	4	4	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales

Nodo: (2) Llenado de PGS's de oxígeno

Dibujo: Lámina IQ-001 / Lámina IQ-002

Parámetro: Flujo

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Mas	16. Mas flujo	16.1. Alta presión en tanque V-01O2.	16.1.1. Altas mermas de producto.	16.1.1.1. Procedimiento de llenado de PGS's.	4	4	4	
Otro que	17. Flujo mal direccionado	17.1. Válvulas V15O2, V16O2 abiertas.	17.1.1. • Venteo de líquido. • Derrame de líquido criogénico.	17.1.1.1. Procedimiento de llenado de PGS's.	2	4	3	
Reverso	18. Flujo reverso	18.1. PGS con presión superior a la presión del tanque V-01O2.	18.1.1. Posible contaminación de tanque.	18.1.1.1. Válvula de retención Y02O2.	4	4	4	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales

Nodo: (2) Llenado de PGS's de oxígeno

Dibujo: Lámina IQ-001 / Lámina IQ-002

Parámetro: Temperatura

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Menos	19. Baja temperatura	19.1. Sin riesgo para el proceso, el oxígeno líquido se encuentra a -183 °C, por lo tanto la baja temperatura no implica un riesgo para la operación.	19.1.1. Sin riesgo para el proceso.	19.1.1.1. Sin riesgo para el proceso.	5	5	4	
Mas	20. Alta temperatura	20.1. Líquido entrampado entre V07O2, V14O2, V1802, válvula de entrada de líquido del PGS.	20.1.1. <ul style="list-style-type: none"> • Sobrepresurización. • Ruptura de tubería. 	20.1.1.1. Válvulas PRV02O2, PRV03O2, PRV04O2. 20.1.1.2. Programa de inspección de válvulas de seguridad.	2	4	3	
		20.2. Tubería no aislada.	20.2.1. <ul style="list-style-type: none"> • Sobrepresurización. • Ruptura de tubería. 	20.2.1.1. Tubería con líquido criogénico aislada. 20.2.1.2. Válvulas PRV02O2, PRV03O2, PRV04O2.	2	4	3	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales
 Nodo: (2) Llenado de PGS´s de oxígeno
 Dibujo: Lámina IQ-001 / Lámina IQ-002
 Parámetro: Presión

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Menos	21. Baja presión	21.1. Válvulas V07O2, V14O2, V18O2 cerradas o parcialmente abiertas.	21.1.1. Igual a 20.1.1.		2	4	3	
		21.2. Válvula de entrada de líquido y/o venteo del PGS cerrada o parcialmente abierta.	21.2.1. Igual a 14.2.1. y 15.2.1.		4	4	4	
		21.3. Ruptura o fuga de manguera FH01O2.	21.3.1. Igual a 14.3.1. y 15.3.1.		2	4	3	
		21.4. Baja presión en tanque V-01O2	21.4.1. Igual a 15.4.1.		4	4	4	
Mas	22. Alta presión	22.1. Líquido entrampado entre V07O2, V14O2, V18O2, válvula de entrada de líquido del PGS	22.1.1. Igual a 20.1.1.		2	4	2	
		22.2. Tubería no aislada.	22.2.1. Igual a 20.2.1.		2	4	2	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales
 Nodo: (2) Llenado de PGS's de oxígeno
 Dibujo: Lámina IQ-001 / Lámina IQ-002
 Parámetro: Nivel

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Menos	23. Bajo nivel	23.1. Válvulas V07O2, V14O2, V18O2 cerradas.	23.1.1. Igual a 14.1.1.		4	4	4	
		23.2. Válvula de entrada de líquido y/o venteo del PGS cerrada.	23.2.1. Igual a 14.2.1.		4	4	4	
		23.3. Ruptura de manguera FH01O2.	23.3.1. Igual a 14.3.1.		2	4	3	
		23.4. Bajo nivel de producto en tanque V-01O2.	23.4.1. Igual a 14.4.1.		4	4	4	
		23.5. Báscula W-01O2 descalibrada.	23.5.1. Bajo peso del PGS.	23.5.1.1. Programa de calibración. 23.5.1.2. Procedimiento de revisión de desempeño de las básculas.	4	4	4	
Mas	24. Alto nivel	24.1. Sobrellenado debido a descalibración de báscula W-01O2.	24.1.1. Derrame de líquido criogénico.	24.1.1.1. Programa de calibración.	2	4	3	
				24.1.1.2. Procedimiento de revisión de desempeño de las básculas.				
				24.1.1.3. Procedimiento de llenado de PGS's.				
				24.1.1.4. Parámetro Crítico de Operación: Sobre llenado y alta presión de oxígeno líquido en cilindros criogénicos.				
				24.1.1.5. PRV del PGS.				

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales

Nodo: (2) Llenado de PGS's de oxígeno

Dibujo: Lámina IQ-001 / Lámina IQ-002

Parámetro: Velocidad

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Menos	25. Baja velocidad	25.1. Sin riesgo para la operación, debido a que no hay un riesgo asociado para el oxígeno a baja velocidad.	25.1.1. Sin riesgo para la operación.	25.1.1.1. Sin riesgo para la operación.	5	5	4	
Mas	26. Alta velocidad	26.1. Escenario poco probable, el valor de la velocidad crítica para el oxígeno es 200 psig/min, el cual no puede ser alcanzado en las condiciones del tanque.	26.1.1. Escenario poco probable.	26.1.1.1. Escenario poco probable.	5	5	4	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales
 Nodo: (3) Línea de descarga de bomba P-01O2 a cabezales de bahías de llenado de oxígeno
 Dibujo: Lámina IQ-001 / Lámina IQ-003 / Lámina IQ-004 / Lámina IQ-005
 Parámetro: Flujo

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
No	27. No flujo	27.1. Válvula V08O2, FV01O2, FV02O2, V09O2 cerrada.	27.1.1. <ul style="list-style-type: none"> • Cavitación de bomba. • Daño a la bomba. • No llenado de cilindros. 	27.1.1.1. TE01O2, TSH01O2, TAH01O2. 27.1.1.2. Procedimiento de llenado de cilindros de oxígeno.	2	4	3	27.1.1.1. Incluir la inspección de las válvulas FV01O2, FV02O2 en el programa de mantenimiento.
		27.2. Filtro STR02O2 obstruido.	27.2.1. <ul style="list-style-type: none"> • Cavitación de bomba. • Daño a la bomba. • No llenado de cilindros. 	27.2.1.1. TE01O2, TSH01O2, TAH01O2.	2	4	3	
		27.3. Ruptura de manguera FH03O2, FH04O2.	27.3.1. <ul style="list-style-type: none"> • Cavitación de bomba. • Daño a la bomba. • No llenado de cilindros. • Derrame de líquido criogénico. 	27.3.1.1. TE01O2, TSH01O2, TAH01O2. 27.3.1.2. Programa de mantenimiento (programa de cambio de mangueras).	2	4	3	
		27.4. Fallo de la bomba P-01O2.	27.4.1. No llenado de cilindros.	27.4.1.1. Programa de mantenimiento.	4	4	4	
		27.5. Bajo nivel del tanque V-01O2.	27.5.1. <ul style="list-style-type: none"> • Cavitación de bomba. • Daño a la bomba. • No llenado de cilindros. 	27.5.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros de oxígeno. 27.5.1.2. Indicador de nivel del tanque LI01O2.	2	4	3	
		27.6. Falla de variador de velocidad.	27.6.1. No llenado de cilindros.	27.6.1.1. Programa de mantenimiento.	4	4	4	
		27.7. Válvula de los cabezales PV01O2, PV04O2, PV07O2, PV10O2 cerradas.	27.7.1. No llenado de cilindros.	27.7.1.1. PT02O2, PT03O2, PT05O2, PT06O2. 27.7.1.2. Sistema de control en el llenado de cilindros. 27.7.1.3. Alarma de "Máximo tiempo de llenado excedido".	4	4	4	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales
 Nodo: (3) Línea de descarga de bomba P-01O2 a cabezales de bahías de llenado de oxígeno
 Dibujo: Lámina IQ-001 / Lámina IQ-003 / Lámina IQ-004 / Lámina IQ-005
 Parámetro: Flujo

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
No	27. No flujo	27.8. Válvula de los cabezales PV01O2, PV04O2, PV07O2, PV10O2 cerradas en modo manual.	27.8.1. No llenado de cilindros.	27.8.1.1. PT02O2, PT03O2, PT05O2, PT06O2. 27.8.1.2. Acceso restringido con contraseña al modo manual por personal de mantenimiento y superintendente de planta. 27.8.1.3. Alarma de "Máximo tiempo de llenado excedido".	4	4	4	
Menos	28. Menos flujo	28.1. Válvula V08O2, FV01O2, FV02O2, V09O2 parcialmente abierta.	28.1.1. • Cavitación de bomba. • Daño a la bomba. • No llenado de cilindros.	28.1.1.1. TE01O2, TSH01O2, TAH01O2. 28.1.1.2. Procedimiento de llenado de cilindros de oxígeno.	2	4	3	28.1.1.1. Incluir la inspección de las válvulas FV01O2, FV02O2 en el programa de mantenimiento.
		28.2. Filtro STR02O2 parcialmente obstruido.	28.2.1. • Cavitación de bomba. • Daño a la bomba. • No llenado de cilindros.	28.2.1.1. TE01O2, TSH01O2, TAH01O2.	2	4	3	
		28.3. Fuga de manguera FH03O2, FH04O2.	28.3.1. • Cavitación de bomba. • Daño a la bomba. • No llenado de cilindros. • Fuga de líquido criogénico.	28.3.1.1. TE01O2, TSH01O2, TAH01O2. 28.3.1.2. Programa de mantenimiento (programa de cambio de mangueras).	2	4	3	
		28.4. Bajo nivel del tanque.	28.4.1. Cavitación de bomba, daño a la bomba, no llenado de cilindros.	28.4.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros de oxígeno. 28.4.1.2. Indicador de nivel del tanque LI01O2.	2	4	3	
		28.5. Falla de variador de velocidad.	28.5.1. Llenado lento de cilindros.	28.5.1.1. Programa de mantenimiento.	4	4	4	
		28.6. Válvula de los cabezales PV01O2, PV04O2, PV07O2, PV10O2 parcialmente abiertas.	28.6.1. Llenado lento de cilindros.	28.6.1.1. PT02O2, PT03O2, PT05O2, PT06O2. 28.6.1.2. Alarma de "Máximo tiempo de llenado excedido".	4	4	4	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales
 Nodo: (3) Línea de descarga de bomba P-01O2 a cabezales de bahías de llenado de oxígeno
 Dibujo: Lámina IQ-001 / Lámina IQ-003 / Lámina IQ-004 / Lámina IQ-005
 Parámetro: Flujo

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Más	29. Más flujo	29.1. Falla de variador de velocidad.	29.1.1. • Calentamiento de cilindros. • Apertura de discos de ruptura de cilindros.	29.1.1.1. Programa de mantenimiento. 29.1.1.2. Lógica de control candadeada por contraseña.	3	4	4	
		29.2. Apertura excesiva de la válvula TV01O2.	29.2.1. • Baja temperatura en cilindros. • Cristalización de material.	29.2.1.1. TE05O2, TI02O2, TSL04O2, TAL04O2. 29.2.1.2. Programa de calibración.				
Otro que	30. Flujo mal direccionado	30.1. Válvula V24O2 en posición abierta.	30.1.1. Drenado de líquido.	30.1.1.1. Recipiente de drenado DP-01O2.	2	4	3	
		30.2. Válvula FV03O2 en posición abierta por falta de nitrógeno de instrumentos.	30.2.1. Drenado de líquido.	30.2.1.1. Recipiente de drenado DP-01O2. 30.2.1.2. Válvula falla en posición cerrada.	2	4	3	
		30.3. Válvula FV03O2 en posición abierta por falla mecánica.	30.3.1. Drenado de líquido.	30.3.1.1. Recipiente de drenado DP-01O2.				
		30.4. Válvula FV04O2 en posición abierta por falta de nitrógeno de instrumentos.	30.4.1. • Venteo de producto. • Atmósfera enriquecida de oxígeno.	30.4.1.1. Válvula falla en posición cerrada.	3	4	4	
		30.5. Válvula FV04O2 en posición abierta por falla mecánica.	30.5.1. • Venteo de producto. • Atmósfera enriquecida de oxígeno.	30.5.1.1. Venteo direccionado hacia un lugar donde no hay personal.	3	4	4	30.5.1.1. Incluir la inspección de la válvula FV04O2 en el programa de mantenimiento.

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales
 Nodo: (3) Línea de descarga de bomba P-01O2 a cabezales de bahías de llenado de oxígeno
 Dibujo: Lámina IQ-001 / Lámina IQ-003 / Lámina IQ-004 / Lámina IQ-005
 Parámetro: Temperatura

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Menos	31. Baja temperatura	31.1. Apertura excesiva de la válvula TV01O2.	31.1.1. Igual 29.2.1.		2	4	3	
		31.2. Saturación del vaporizador Y-01O2.	31.2.1. Líquido criogénico en cilindros (cristalización de material).	31.2.1.1. TE05O2, TI02O2, TSL04O2, TAL04O2.	2	4	3	
Más	32. Alta temperatura	32.1. Falla de variador de velocidad.	32.1.1. Igual a .29.1.1.		3	4	4	
		32.2. Líquido entrampado entre V08O2 y FV01O2.	32.2.1. • Sobrepresurización. • Ruptura de tubería.	32.2.1.1. PRV06O2. 32.2.1.2. Programa de inspección de válvulas de seguridad.	2	4	3	
		32.3. Líquido entrampado entre bomba P-01O2, válvula FV02O2, válvula V09O2.	32.3.1. • Sobrepresurización. • Ruptura de tubería.	32.3.1.1. PRV06O2, PRV07O2. 32.3.1.2. Programa de inspección de válvulas de seguridad.	2	4	3	
		32.4. Líquido entrampado entre bomba P-01O2 y cabezales de llenado.	32.4.1. • Sobrepresurización. • Ruptura de tubería.	32.4.1.1. PSV05O2, PSV06O2. 32.4.1.2. Programa de calibración de válvulas de seguridad.	2	4	3	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales
 Nodo: (3) Línea de descarga de bomba P-01O2 a cabezales de bahías de llenado de oxígeno
 Dibujo: Lámina IQ-001 / Lámina IQ-003 / Lámina IQ-004 / Lámina IQ-005
 Parámetro: Presión

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Menos	33. Baja presión	33.1. Válvula V08O2, FV01O2, FV02O2, V09O2 cerrada o parcialmente abierta.	33.1.1. Igual a 27.1.1. y 28.1.1.		2	4	3	
		33.2. Filtro STR02O2 obstruido o parcialmente obstruido.	33.2.1. Igual a 27.2.1. y 28.2.1.		2	4	3	
		33.3. Ruptura o fuga de manguera FH03O2, FH04O2.	33.3.1. Igual a 27.3.1. y 28.3.1.		2	4	3	
		33.4. Fallo de la bomba P-01O2.	33.4.1. Igual a 27.4.1.		4	4	4	
		33.5. Bajo nivel del tanque.	33.5.1. Igual a 27.5.1. y 28.4.1.		2	4	3	
		33.6. Falla de variador de velocidad.	33.6.1. Igual a 27.6.1. y 28.5.1.		4	4	4	
		33.7. Válvula de los cabezales PV01O2, PV04O2, PV07O2, PV10O2 cerradas o abiertas parcialmente.	33.7.1. Igual a 27.7.1. y 28.6.1.		4	4	4	
		33.8. Válvula de los cabezales PV01O2, PV04O2, PV07O2, PV10O2 cerradas en modo manual.	33.8.1. Igual a 27.8.1.		4	4	4	
Más	34. Alta presión	34.1. Válvula de los cabezales PV01O2, PV04O2, PV07O2, PV10O2 cerradas.	34.1.1. Liberación de energía.	34.1.1.1. PSV05O2, PSH01O2, PAH01O2, PSV06O2. 34.1.1.2. Parámetro crítico de operación Alta presión en sistemas de llenado de oxígeno.	2	4	3	
		34.2. Líquido entrampado entre V08O2 y FV01O2.	34.2.1. Igual a 32.2.1.		2	4	3	
		34.3. Líquido entrampado entre bomba P-01O2, válvula FV02O2, válvula V09O2.	34.3.1. Igual a 32.3.1.		2	4	3	
		34.4. Líquido entrampado entre bomba P-01O2 y cabezales de llenado.	34.4.1. Igual a 32.4.1.		2	4	3	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales

Nodo: (3) Línea de descarga de bomba P-01O2 a cabezales de bahías de llenado de oxígeno

Dibujo: Lámina IQ-001 / Lámina IQ-003 / Lámina IQ-004 / Lámina IQ-005

Parámetro: Velocidad

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Menos	35. Baja velocidad	35.1. Sin riesgo para la operación, debido a que no hay un riesgo asociado para el oxígeno a baja velocidad.	35.1.1. Sin riesgo para la operación.	35.1.1.1. Sin riesgo para la operación.	5	5	4	
Más	36. Alta velocidad	36.1. Falla de variador de velocidad.	36.1.1. Igual a 29.1.1.		3	4	4	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales
 Nodo: (4) Bahías de llenado de oxígeno (línea de llenado de cilindros)
 Dibujo: Lámina IQ-004 / Lámina IQ-005
 Parámetro: Flujo

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
No	37. No flujo	37.1. Válvula de cabezal y/o válvulas de los cilindros cerradas.	37.1.1. <ul style="list-style-type: none"> No llenado de cilindros. Falta de tratamiento a los cilindros. 	37.1.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros de oxígeno.	4	4	4	
				37.1.1.2. Sistema de control en el llenado de cilindros.				
				37.1.1.3. Alarma de "Máximo tiempo de llenado excedido".				
		37.2. Ruptura de manguera de llenado.	37.2.1. <ul style="list-style-type: none"> No llenado de cilindros. Atmósfera enriquecida de oxígeno. Posible lesión al personal. 	37.2.1.1. Línea de vida.	2	4	3	
		37.2.1.2. Programa de mantenimiento (programa de cambio de mangueras).						
Menos	38. Menos flujo	38.1. Válvula de cabezal y/o válvulas de los cilindros parcialmente abiertas.	38.1.1. Ciclo de llenado lento de cilindros.	38.1.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros de oxígeno.	4	4	4	
				38.1.1.2. Sistema de control en el llenado de cilindros.				
				38.1.1.3. Alarma de "Máximo tiempo de llenado excedido".				
		38.2. Fuga de manguera de llenado.	38.2.1. Ciclo de llenado lento de cilindros.	38.2.1.1. Programa de mantenimiento (programa de cambio de mangueras).	2	4	3	
				38.2.1.2. Alarma de "Máximo tiempo de llenado excedido".				

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales
 Nodo: (4) Bahías de llenado de oxígeno (línea de llenado de cilindros)
 Dibujo: Lámina IQ-004 / Lámina IQ-005
 Parámetro: Flujo

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Más	39. Más flujo	39.1. Llenar menos de 16 cilindros de 6.23 m ³ de capacidad en la bahía.	39.1.1. <ul style="list-style-type: none"> Calentamiento de cilindros. Apertura de discos de ruptura. 	39.1.1.1. TE06O2, TSH04O2, TAH04O2, TE07O2, TSH05O2, TAH05O2, TE08O2, TSH06O2, TAH06O2, TE09O2, TSH07O2, TAH07O2.	3	3	4	39.1.1.1. Indicar en el procedimiento de Inspección de cilindros que la cantidad mínima de cilindros a llenar debe contar al menos con 16 cilindros de 6.23 m ³ o superior.
		39.2. Llenar cilindros de menor capacidad a 6.23 m ³ de capacidad en la bahía.	39.2.1. <ul style="list-style-type: none"> Calentamiento de cilindros. Apertura de discos de ruptura. 	39.2.1.1. TE06O2, TSH04O2, TAH04O2, TE07O2, TSH05O2, TAH05O2, TE08O2, TSH06O2, TAH06O2, TE09O2, TSH07O2, TAH07O2.	3	3	4	39.2.1.1. Indicar en el procedimiento de Inspección de cilindros que la cantidad mínima de cilindros a llenar debe contar al menos con 16 cilindros de 6.23 m ³ o superior en conjunto con cilindros de menor capacidad.
		39.3. Abrir un cilindro vacío durante el llenado.	39.3.1. <ul style="list-style-type: none"> Alcanzar la velocidad crítica de oxígeno. Posible destello. 	39.3.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros de oxígeno.	2	2	2	39.3.1.1. Indicar en el procedimiento de llenado de cilindros de oxígeno que al detectar un cilindro vacío durante el llenado este no debe ser abierto.
Otro que	40. Flujo mal direccionado	40.1. Válvulas PV02O2, PV03O2, PV05O2, PV06O2, PV08O2, PV09O2, PV11O2, PV12O2 abiertas por falta de nitrógeno de instrumentos.	40.1.1. <ul style="list-style-type: none"> Pérdida de producto. No llenado de cilindros. 	40.1.1.1. Válvula falla en posición cerrada.	4	4	4	
		40.2. Válvulas PV02O2, PV03O2, PV05O2, PV06O2, PV08O2, PV09O2, PV11O2, PV12O2 abiertas en modo manual.	40.2.1. <ul style="list-style-type: none"> Pérdida de producto. No llenado de cilindros. 	40.2.1.1. Acceso restringido con contraseña al modo manual por personal de mantenimiento y superintendente de planta.	4	4	4	
		40.3. Válvula V27O2, V30O2, V35O2, V38O2 abierta.	40.3.1. <ul style="list-style-type: none"> Pérdida de producto. No llenado de cilindros. 		4	4	4	40.3.1.1. Candadear las válvulas V27O2, V30O2, V35O2, V38O2 e incluirlas en el COP SA-39-49 Válvulas de aislamiento manuales candadeadas.

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales
 Nodo: (4) Bahías de llenado de oxígeno (línea de llenado de cilindros)
 Dibujo: Lámina IQ-004 / Lámina IQ-005
 Parámetro: Flujo

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Reverso	41. Flujo reverso	41.1. Cilindros llenos conectados.	41.1.1. Pérdida de producto.	41.1.1.1. Ciclo de venteo y vacío previo al llenado. 41.1.1.2. Válvula de retención Y03O2, Y07O2, Y12O2, Y16O2.	4	4	4	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales
 Nodo: (4) Bahías de llenado de oxígeno (línea de llenado de cilindros)
 Dibujo: Lámina IQ-004 / Lámina IQ-005
 Parámetro: Temperatura

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Menos	42. Baja temperatura	42.1. Apertura excesiva de la válvula TV01O2.	42.1.1. Igual a 29.2.1.	42.1.1.1. Igual a 29.2.1.1.	1	4	3	
		42.2. Saturación del vaporizador T-01O2.	42.2.1. Igual a 31.2.1.	42.1.1.1. Igual a 32.2.1.1.	2	4	3	
Más	43. Alta temperatura	43.1. Falla de variador de velocidad.	43.1.1. Igual a 29.1.1.	43.1.1.1. Igual a 29.1.1.1.	3	4	4	
		43.2. Alta temperatura por compresión adiabática de oxígeno al abrir válvula del cabezal con alta presión hacia las válvulas cerradas de los cilindros.	43.2.1. Posible destello en las mangueras de llenado.	43.2.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros de oxígeno	2	3	3	
		43.2.1.2. Disipador de calor de mangueras de llenado.						
		43.3. Llenar menos de 16 cilindros de 6.23 m ³ de capacidad en la bahía.	43.3.1. Igual a 39.1.1.		3	4	4	
		43.4. Llenar cilindros de menor capacidad a 6.23 m ³ de capacidad en la bahía.	43.4.1. Igual a 39.2.1.		3	4	4	
		43.5. Abrir un cilindro vacío durante el llenado.	43.5.1. Igual a 39.3.1.		2	3	3	
	43.6. Alta temperatura del medio ambiente.	43.6.1. <ul style="list-style-type: none"> • Calentamiento de cilindros. • Apertura de discos de ruptura. 	43.6.1.1. TE06O2, TSH04O2, TAH04O2, TE07O2, TSH05O2, TAH05O2, TE08O2, TSH06O2, TAH06O2, TE09O2, TSH07O2, TAH07O2.	43.6.1.2. Válvula de llenado en frío TV01O2.	3	4	4	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales
 Nodo: (4) Bahías de llenado de oxígeno (línea de llenado de cilindros)
 Dibujo: Lámina IQ-003 / Lámina IQ-004 / Lámina IQ-005
 Parámetro: Presión

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Menos	44. Baja presión	44.1. Válvula de cabezal y/o válvulas de los cilindros cerradas o parcialmente abiertas.	44.1.1. Igual a 37.1.1. y 38.1.1.		4	4	4	
		44.2. Ruptura o fuga de manguera de llenado.	44.2.1. Igual a 37.2.1. y 38.2.1.		2	4	3	
		44.3. Válvulas PV02O2, PV03O2, PV05O2, PV06O2, PV08O2, PV09O2, PV11O2, PV12O2 abiertas por falta de nitrógeno de instrumentos.	44.3.1. Igual a 40.1.1.		4	4	4	
		44.4. Válvulas PV02O2, PV03O2, PV05O2, PV06O2, PV08O2, PV09O2, PV11O2, PV12O2 abiertas en modo manual.	44.4.1. Igual a 40.2.1.		4	4	4	
		44.5. Válvula V27O2, V30O2, V35O2, V38O2 abierta.	44.5.1. Igual a 40.3.1.		4	4	4	
Más	45. Alta presión	45.1. Válvula del cabezal y/o cilindros cerradas.	45.1.1. Liberación de energía.	45.1.1.1. PSV05O2, PSH01O2, PAH01O2, PSV06O2.	2	4	3	
				45.1.1.2. Parámetro crítico de operación alta presión en sistemas de llenado de oxígeno.				
				45.1.1.3. Disipador de calor de mangueras de llenado.				
		45.2. Descalibración del sensor PT02O2, PT03O2, PT05O2, PT06O2.	45.2.1. <ul style="list-style-type: none"> • Calentamiento de cilindros. • Apertura de discos de ruptura. 	45.2.1.1. Programa de calibración.	3	3	4	
45.2.1.2. PSV05O2, PSH01O2, PAH01O2, PSV06O2.								

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales
 Nodo: (4) Bahías de llenado de oxígeno (línea de llenado de cilindros)
 Dibujo: Lámina IQ-003 / Lámina IQ-004 / Lámina IQ-005
 Parámetro: Nivel

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Menos	46. Bajo nivel	46.1. Descalibración del sensor PT02O2, PT03O2, PT04O2, PT05O2.	46.1.1. Baja presión del cilindro.	46.1.1.1. Programa de calibración.	4	4	4	
		46.2. Selección de receta de llenado de cilindro de menor capacidad.	46.2.1. Baja presión del cilindro.	46.2.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros.	4	4	4	
Más	47. Alto nivel	47.1. Descalibración del sensor PT02O2, PT03O2, PT04O2, PT05O2.	47.1.1.	47.1.1.1. Programa de calibración.	2	3	3	
			<ul style="list-style-type: none"> • Calentamiento de cilindros. • Apertura de discos de ruptura. 	47.1.1.2. Disco de ruptura de cilindro.				
		47.2. Selección de receta de llenado de cilindro de mayor capacidad.	47.2.1.	47.2.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros.	2	3	3	
			<ul style="list-style-type: none"> • Calentamiento de cilindros. • Apertura de discos de ruptura. 	47.2.1.2. Disco de ruptura de cilindro.				

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales
 Nodo: (4) Bahías de llenado de oxígeno (línea de llenado de cilindros)
 Dibujo: Lámina IQ-003 / Lámina IQ-004 / Lámina IQ-005
 Parámetro: Velocidad

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Menos	48. Baja velocidad	48.1. Sin riesgo para la operación, debido a que no hay un riesgo asociado para el oxígeno a baja velocidad.	48.1.1. Sin riesgo para la operación.	48.1.1.1. Sin riesgo para la operación.	5	5	4	
Más	49. Alta velocidad	49.1. Falla de variador de velocidad.	49.1.1. Igual a 29.1.1.		3	4	4	
		49.2. Llenar menos de 16 cilindros de 6.23 m ³ de capacidad en la bahía.	49.2.1. Igual a 39.1.1.		3	3	4	
		49.3. Llenar cilindros de menor capacidad a 6.23 m ³ de capacidad en la bahía.	49.3.1. Igual a 39.2.1.		3	3	4	
		49.4. Abrir un cilindro vacío durante el llenado.	49.4.1. Igual a 39.3.1.		2	3	3	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales
 Nodo: (4) Bahías de llenado de oxígeno (línea de llenado de cilindros)
 Dibujo: Lámina IQ-004 / Lámina IQ-005
 Parámetro: Material

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Otro que	50. Material incorrecto	50.1. Mala especificación de diseño.	50.1.1. <ul style="list-style-type: none"> • Liberación de energía. • Posible destello. 	50.1.1.1. Diseño de ingeniería.	2	2	2	50.1.1.1. Verificar que el listado de materiales instalados cumpla con la especificación de diseño y sean compatibles para el servicio.
		50.2. Sustitución inadecuada de material de diseño.	50.2.1. <ul style="list-style-type: none"> • Liberación de energía. • Posible destello. 	50.2.1.1. Diseño de ingeniería. 50.2.1.2. Programa de MOC (Manejo del cambio).	2	2	2	50.2.1.1. Verificar que el listado de materiales instalados cumpla con la especificación de diseño y sean compatibles para el servicio.

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales
 Nodo: (5) Bahías de llenado de oxígeno (línea de vacío de cilindros)
 Dibujo: Lámina IQ-004 / Lámina IQ-005
 Parámetro: Flujo

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
No	51. No flujo	51.1. Válvula PV02O2, PV05O2, PV08O2, PV11O2 cerradas.	51.1.1. <ul style="list-style-type: none"> Falta de tratamiento a los cilindros. No llenado de cilindros. 	51.1.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros de oxígeno.	4	4	4	
				51.1.1.2. Sistema de control en el llenado de cilindros.				
		51.2. Válvula PV02O2, PV05O2, PV08O2, PV11O2 cerradas en modo manual.	51.2.1. <ul style="list-style-type: none"> Falta de tratamiento a los cilindros. No llenado de cilindros. 	51.2.1.1. Acceso restringido con contraseña al modo manual por personal de mantenimiento y superintendente de planta.	4	4	4	
				51.3.1. <ul style="list-style-type: none"> Falta de tratamiento a los cilindros. No llenado de cilindros. 	51.3.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros de oxígeno.	4	4	4
51.4. Fallo de bomba de vacío RPV-01O2.	51.4.1. <ul style="list-style-type: none"> Falta de tratamiento a los cilindros. No llenado de cilindros. 	51.4.1.1. Programa de mantenimiento.	4	4	4			
		51.4.1.2. Alarma de "Máximo tiempo de vacío excedido".						
Menos	52. Menos flujo	52.1. Válvula PV02O2, PV05O2, PV08O2, PV11O2 parcialmente abiertas.	52.1.1. Ciclo de vacío de cilindros lento.	52.1.1.1. Programa de mantenimiento	4	4	4	
				52.1.1.2. Alarma de "Máximo tiempo de vacío excedido".				
		52.2. Válvulas de aislamiento del cabezal y/o válvulas de los cilindros parcialmente abiertas.	52.2.1. Ciclo de vacío de cilindros lento.	52.2.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros de oxígeno.	2	4	3	
				52.2.1.2. Alarma de "Máximo tiempo de vacío excedido".				

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales
 Nodo: (5) Bahías de llenado de oxígeno (línea de vacío de cilindros)
 Dibujo: Lámina IQ-004 / Lámina IQ-005
 Parámetro: Flujo

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Más	53. Más flujo	53.1. Los cilindros no se ventearon por completo.	53.1.1. Ruptura de la bomba de vacío RPV-01O2.	53.1.1.1. PT02O2, PT03O2, PT05O2, PT06O2.	2	2	2	53.1.1.1. Modificar el arreglo de la válvula de retención Y11O2 de acuerdo al estándar G03.250 Sistemas de evacuación de cilindros. 53.1.1.2. Reemplazo de la válvula de retención existente por la aprobada de acuerdo al estándar G03.250 Sistemas de evacuación de cilindros.
				53.1.1.2. Válvula de retención Y11O2.				
		53.2. Válvula de vacío PV02O2, PV05O2, PV08O2, PV11O2 abiertas en modo manual durante el llenado.	53.2.1. Ruptura de la bomba de vacío RPV-01O2.	53.2.1.1. Válvula de retención Y11O2.	2	2	2	53.2.1.1. Modificar el arreglo de la válvula de retención Y11O2 de acuerdo al estándar G03.250 Sistemas de evacuación de cilindros. 53.2.1.2. Reemplazo de la válvula retención existente por la aprobada de acuerdo al estándar G03.250 Sistemas de evacuación de cilindros.
				53.2.1.2. Acceso restringido con contraseña al modo manual por personal de mantenimiento y superintendente de planta.				
Otro que	54. Flujo mal direccionado	54.1. Operación en modo manual del sistema de vacío.	54.1.1. Migración de aceite a los cabezales de llenado.	54.1.1.1. Acceso restringido con contraseña al modo manual por personal de mantenimiento y superintendente de planta.	2	4	3	
				54.1.1.2. Tanque pulmón de bomba de vacío RPV-01O2.				
				54.1.1.3. Válvulas de retención Y04O2, Y08O2, Y13O2, Y17O2.				
				54.1.1.4. Aceite aprobado para servicio de oxígeno según el estándar G03.252 Lubricantes de bombas de vacío.				

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales
 Nodo: (5) Bahías de llenado de oxígeno (línea de vacío de cilindros)
 Dibujo: Lámina IQ-004 / Lámina IQ-005
 Parámetro: Temperatura

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Menos	55. Baja temperatura	55.1. Sin riesgo para la operación, el oxígeno gas se encuentra a temperatura ambiente, por lo tanto no hay una etapa en este proceso que haga disminuir la temperatura a un nivel crítico.	55.1.1. Sin riesgo para la operación.	55.1.1.1. Sin riesgo para la operación.	5	5	4	
Más	56. Alta temperatura	56.1. Escenario poco probable, durante el proceso de vacío la temperatura del oxígeno se mantiene constante (temperatura ambiente), por lo que no hay riesgo de alcanzar altas temperaturas en esta etapa.	56.1.1. Escenario poco probable.	56.1.1.1. Escenario poco probable.	5	5	4	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales
 Nodo: (5) Bahías de llenado de oxígeno (línea de vacío de cilindros)
 Dibujo: Lámina IQ-004 / Lámina IQ-005
 Parámetro: Presión

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Menos	57. Baja presión	57.1. Sin riesgo para la operación, el proceso de vacío tiene como objetivo despresurizar completamente los cilindros, por lo que una baja presión es idóneo para esta etapa.	57.1.1. Sin riesgo para la operación.	57.1.1.1. Sin riesgo para la operación.	5	5	4	
Más	58. Alta presión	58.1. Los cilindros no se ventearon por completo.	58.1.1. Igual a 53.1.1.		2	2	2	
		58.2. Válvula de vacío PV02O2, PV05O2, PV08O2, PV11O2 abiertas en modo manual durante el llenado.	58.2.1. Igual a 53.2.1.		2	2	2	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales
 Nodo: (5) Bahías de llenado de oxígeno (línea de vacío de cilindros)
 Dibujo: Lámina IQ-004 / Lámina IQ-005
 Parámetro: Nivel

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Menos	59. Bajo nivel	59.1. Bajo nivel de aceite en la bomba de vacío por la no reposición de aceite en bomba de vacío RPV-01O2.	59.1.1. Daño a la bomba de vacío RPV-01O2.	59.1.1.1. Programa de mantenimiento.	2	4	3	59.1.1.1. Incluir en el procedimiento de llenado de cilindros de oxígeno la inspección al inicio del turno del nivel de aceite de la bomba de vacío.
				59.1.1.2. Indicador de nivel de aceite.				
Más	60. Alto nivel	60.1. Alto nivel de aceite en la bomba de vacío por sobrellenado de aceite en bomba de vacío RPV-01O2.	60.1.1. <ul style="list-style-type: none"> • Venteos contaminados con aceite. • Problema de inocuidad. 	60.1.1.1. Programa de mantenimiento.	4	4	4	60.1.1.1. Incluir en el procedimiento de llenado de cilindros de oxígeno la inspección al inicio del turno del nivel de aceite de la bomba de vacío.
				60.1.1.2. Indicador de nivel de aceite.				
				60.1.1.3. Aceite aprobado para servicio de oxígeno según el estándar G03.252 Lubricantes de bombas de vacío.				

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales
 Nodo: (5) Bahías de llenado de oxígeno (línea de vacío de cilindros)
 Dibujo: Lámina IQ-004 / Lámina IQ-005
 Parámetro: Velocidad

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Menos	61. Baja velocidad	61.1. Sin riesgo para la operación, debido a que no hay un riesgo asociado para el oxígeno a baja velocidad.	61.1.1. Sin riesgo para la operación.	61.1.1.1. Sin riesgo para la operación.	5	5	4	
Más	62. Alta velocidad	62.1. Escenario poco probable, el valor de la velocidad crítica para el oxígeno es 200 psig/min, el cual no puede ser alcanzado durante la etapa de vacío.	62.1.1. Escenario poco probable.	62.1.1.1. Escenario poco probable.	5	5	4	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales
 Nodo: (6) Bahías de llenado de oxígeno (línea de venteo de cilindros)
 Dibujo: Lámina IQ-004 / Lámina IQ-005
 Parámetro: Flujo

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
No	63. No flujo	63.1. Válvula PV03O2, PV06O2, PV09O2, PV12O2 cerradas.	63.1.1. <ul style="list-style-type: none"> Falta de tratamiento a los cilindros. No llenado de cilindros. 	63.1.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros de oxígeno.	4	4	4	
				63.1.1.2. Sistema de control en el llenado de cilindros.				
		63.2. Válvula PV03O2, PV06O2, PV09O2, PV12O2 cerradas en modo manual.	63.2.1. <ul style="list-style-type: none"> Falta de tratamiento a los cilindros. No llenado de cilindros. 	63.2.1.1. Acceso restringido con contraseña al modo manual por personal de mantenimiento y superintendente de planta.	4	4	4	
				63.3. Válvulas de aislamiento del cabezal y/o válvulas de los cilindros cerradas.				
63.4. Cilindros sin presión residual.	63.4.1. Sin consecuencia para la operación, el proceso de venteo tiene como objetivo despresurizar completamente los cilindros, por lo que si el cilindro no tiene presión es idóneo para esta etapa.		5	4	4			
Menos	64. Menos flujo	64.1. Válvula PV03O2, PV06O2, PV09O2, PV12O2 parcialmente abiertas.					64.1.1. Ciclo de venteo de cilindros lento.	64.1.1.1. Programa de mantenimiento.
			64.1.1.2. Alarma de "Máximo tiempo de venteo excedido".					
		64.2. Válvulas de aislamiento del cabezal y/o válvulas de los cilindros parcialmente abiertas.	64.2.1. Ciclo de venteo de cilindros lento.	64.2.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros de oxígeno.	4	4	4	
				64.2.1.2. Alarma de "Máximo tiempo de venteo excedido".				

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales
 Nodo: (6) Bahías de llenado de oxígeno (línea de venteo de cilindros)
 Dibujo: Lámina IQ-004 / Lámina IQ-005
 Parámetro: Flujo

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Más	65. Más flujo	65.1. Venteo de cilindros llenos.	65.1.1. Sobrepassar la velocidad crítica de oxígeno, posible destello.	65.1.1.1. Materiales compatibles con oxígeno. 65.1.1.2. Procedimiento de llenado de cilindros. 65.1.1.3. PT02O2, PI07O2, PT03O2, PI08O2, PT05O2, PI10O2, PT06O2, PI11O2. 65.1.1.4. Alarma de "Máximo tiempo de venteo excedido".	2	4	3	
Otro que	66. Flujo mal direccionado	66.1. Aire ambiente que ingrese a los cilindros cuando se encuentren sin presión residual.	66.1.1. Posible contaminación del cilindro.	66.1.1.1. Set de paro de ciclo de venteo en 3 psig.	4	4	4	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales
 Nodo: (6) Bahías de llenado de oxígeno (línea de venteo de cilindros)
 Dibujo: Lámina IQ-004 / Lámina IQ-005
 Parámetro: Temperatura

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Menos	67. Baja temperatura	67.1. Sin riesgo para la operación, el oxígeno gas se encuentra a temperatura ambiente, por lo tanto no hay una etapa en este proceso que haga disminuir la temperatura a un nivel crítico.	67.1.1. Sin riesgo para la operación.	67.1.1.1. Sin riesgo para la operación.	5	5	4	
Más	68. Alta temperatura	68.1. Venteo de cilindros llenos.	68.1.1. Igual a 65.1.1.		2	4	3	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales
 Nodo: (6) Bahías de llenado de oxígeno (línea de venteo de cilindros)
 Dibujo: Lámina IQ-004 / Lámina IQ-005
 Parámetro: Presión

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Menos	69. Baja presión	69.1. Válvula PV03O2, PV06O2, PV09O2, PV12O2 cerradas o parcialmente abiertas.	69.1.1. Igual a 63.1.1. y 64.1.1.		4	4	4	
		69.2. Válvula PV03O2, PV06O2, PV09O2, PV12O2 cerradas en modo manual.	69.2.1. Igual a 63.2.1.		4	4	4	
		69.3. Válvulas de aislamiento del cabezal y/o válvulas de los cilindros cerradas o parcialmente abiertas.	69.3.1. Igual a 63.3.1. y 64.2.1.		4	4	4	
		69.4. Cilindros sin presión residual.	69.4.1. Igual a 63.3.1.		5	4	4	
Más	70. Alta presión	70.1. Venteo de cilindros llenos.	70.1.1. Igual a 65.1.1.		2	4	3	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales
 Nodo: (6) Bahías de llenado de oxígeno (línea de venteo de cilindros)
 Dibujo: Lámina IQ-004 / Lámina IQ-005
 Parámetro: Velocidad

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Menos	71. Baja velocidad	71.1. Sin riesgo para la operación, debido a que no hay un riesgo asociado para el oxígeno a baja velocidad.	71.1.1. Sin riesgo para la operación.	71.1.1.1. Sin riesgo para la operación.	5	5	4	
Más	72. Alta velocidad	72.1. Venteo de cilindros llenos.	72.1.1. Igual a 65.1.1.		2	4	3	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales

Nodo: (7) Línea de análisis de oxígeno

Dibujo: Lámina IQ-002 / Lámina IQ-004 / Lámina IQ-005

Parámetro: Flujo

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
No	73. No flujo	73.1. Válvula de muestreo del PGS y/o isocontenedor cerrada.	73.1.1. PGS o contenedor no analizado (posible producto fuera de especificación).	73.1.1.1. Procedimiento de análisis de PGS's e isocontenedores. 73.1.1.2. PCV02O2. 73.1.1.3. FI01O2.	4	4	4	
		73.2. Válvula selectora V22O2 en posición equivocada.	73.2.1. PGS o contenedor no analizado, posible producto fuera de especificación.	73.2.1.1. Procedimiento de análisis de PGS's e isocontenedores. 73.2.1.2. PCV02O2. 73.2.1.3. FI01O2.	4	4	4	
		73.3. Regulador PCV02O2 y/o válvula V23O2 cerrado.	73.3.1. PGS o contenedor no analizado, posible producto fuera de especificación.	73.3.1.1. Procedimiento de análisis de PGS's e isocontenedores. 73.3.1.2. FI01O2.	4	4	4	
		73.4. Flujómetro V50O2 (FI01O2) cerrado.	73.4.1. PGS o contenedor no analizado, posible producto fuera de especificación.	73.4.1.1. Procedimiento de análisis de PGS's e isocontenedores.	4	4	4	
		73.5. Válvula del cilindro cerrada.	73.5.1. Cilindro no analizado, posible producto fuera de especificación.	73.5.1.1. Procedimiento de análisis de cilindros. 73.5.1.2. PCV03O2, PCV04O2, PCV05O2, PCV06O2. 73.5.1.3. FI02O2.	4	4	4	
		73.6. Válvula V28O2, V31O2, V36O2, V39O2 cerrada.	73.6.1. Cilindro no analizado, posible producto fuera de especificación.	73.6.1.1. Procedimiento de análisis de cilindros. 73.6.1.2. PCV03O2, PCV04O2, PCV05O2, PCV06O2. 73.6.1.3. FI02O2.	4	4	4	
		73.7. Regulador PCV03O2, PCV04O2, PCV05O2, PCV06O2 cerrado.	73.7.1. Cilindro no analizado, posible producto fuera de especificación.	73.7.1.1. Procedimiento de análisis de cilindros. 73.7.1.2. FI02O2.	4	4	4	
		73.8. Válvula V29O2, V32O2, V37O2, V40O2 cerrada.	73.8.1. Cilindro no analizado, posible producto fuera de especificación.	73.8.1.1. Procedimiento de análisis de cilindros. 73.8.1.2. FI02O2.	4	4	4	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales

Nodo: (7) Línea de análisis de oxígeno

Dibujo: Lámina IQ-002 / Lámina IQ-004 / Lámina IQ-005

Parámetro: Flujo

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
No	73. No flujo	73.9. Válvula selectora V51O2 en posición equivocada.	73.9.1. Cilindro no analizado, posible producto fuera de especificación.	73.9.1.1. Procedimiento de análisis de cilindros. 73.9.1.2. FI02O2.	4	4	4	
		73.10. Flujómetro V52O2 (F02O2) cerrado.	73.10.1. Cilindro no analizado, posible producto fuera de especificación.	73.10.1.1. Procedimiento de análisis de cilindros.	4	4	4	
Menos	74. Menos flujo	74.1. Válvula de muestreo del PGS y/o isocontenedor parcialmente abierta.	74.1.1. Análisis lento del PGS o contenedor.	74.1.1.1. Procedimiento de análisis de PGS´s e isocontenedores. 74.1.1.2. PCV02O2. 74.1.1.3. FI01O2.	4	4	4	
		74.2. Regulador PCV02O2 y/o válvula V23O2 parcialmente abierto.	74.2.1. Análisis lento del PGS o contenedor.	74.2.1.1. Procedimiento de análisis de PGS´s e isocontenedores. 74.2.1.2. FI01O2.	4	4	4	
		74.3. Flujómetro V50O2 (FI01O2) parcialmente abierto.	74.3.1. Análisis lento del PGS o contenedor.	74.3.1.1. Procedimiento de análisis de PGS´s e isocontenedores.	4	4	4	
		74.4. Válvula del cilindro parcialmente abierta.	74.4.1. Análisis lento del cilindro.	74.4.1.1. Procedimiento de análisis de cilindros. 74.4.1.2. PCV03O2, PCV04O2, PCV05O2, PCV06O2. 74.4.1.3. FI02O2.	4	4	4	
		74.5. Válvula V28O2, V31O2, V36O2, V39O2 parcialmente abierta.	74.5.1. Análisis lento del cilindro.	74.5.1.1. Procedimiento de análisis de cilindros. 74.5.1.2. PCV03O2, PCV04O2, PCV05O2, PCV06O2. 74.5.1.3. FI02O2.	4	4	4	
		74.6. Regulador PCV03O2, PCV04O2, PCV05O2, PCV06O2 parcialmente abierto.	74.6.1. Análisis lento del cilindro.	74.6.1.1. Procedimiento de análisis de cilindros. 74.6.1.2. FI02O2.	4	4	4	
		74.7. Válvula V29O2, V32O2, V37O2, V40O2 parcialmente abierta.	74.7.1. Análisis lento del cilindro.	74.7.1.1. Procedimiento de análisis de cilindros. 74.7.1.2. FI02O2.	4	4	4	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales

Nodo: (7) Línea de análisis de oxígeno

Dibujo: Lámina IQ-002 / Lámina IQ-004 / Lámina IQ-005

Parámetro: Flujo

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Menos	74. Menos flujo	74.8. Flujómetro F02O2 parcialmente abierto.	74.8.1. Análisis lento del cilindro.	74.8.1.1. Procedimiento de análisis de cilindros.	4	4	4	
Más	75. Más flujo	75.1. Regulador PCV02O2 abierto al máximo.	75.1.1. Daño al analizador.	75.1.1.1. Procedimiento de análisis de cilindros.	2	4	3	
				75.1.1.2. PSV04O2.				
				75.1.1.3. Válvula de seguridad del analizador.				
		75.2. Regulador PCV02O2 abierto al máximo por falla mecánica.	75.2.1. Daño al analizador.	75.2.1.1. Programa de mantenimiento.	2	4	3	
				75.2.1.2. PSV04O2.				
				75.2.1.3. Válvula de seguridad del analizador.				
				75.2.1.4. Válvula de diafragma de relevo de presión del regulador.				
		75.3. Regulador PCV03O2, PCV04O2, PCV05O2, PCV06O2 abierto al máximo.	75.3.1. Daño al analizador.	75.3.1.1. Procedimiento de análisis de cilindros.	2	4	3	
75.3.1.2. PSV08O2, PSV09O2, PSV10O2, PSV11O2.								
75.4. Regulador PCV03O2, PCV04O2, PCV05O2, PCV06O2 abierto al máximo por falla mecánica.	75.4.1.1. Procedimiento de análisis de cilindros.	75.4.1.1. Daño al analizador. • Alta velocidad de oxígeno, posible destello.	75.4.1.1. Procedimiento de análisis de cilindros.	1	4	2	75.4.1.1. Cambiar material de tubería después de reguladores.	
			75.4.1.2. PSV08O2, PSV09O2, PSV10O2, PSV11O2.					
			75.4.1.3. Válvula de seguridad del analizador.					
			75.4.1.4. Válvula de diafragma de relevo de presión del regulador.					

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales

Nodo: (7) Línea de análisis de oxígeno

Dibujo: Lámina IQ-002 / Lámina IQ-004 / Lámina IQ-005

Parámetro: Temperatura

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Menos	76. Baja temperatura	76.1. Sin riesgo para la operación, el oxígeno gas se encuentra a temperatura ambiente, por lo tanto no hay una etapa en este proceso que haga disminuir la temperatura a un nivel crítico.	76.1.1. Sin riesgo para la operación.	76.1.1.1. Sin riesgo para la operación.	5	5	4	
Más	77. Alta temperatura	77.1. Regulador PCV02O2 abierto al máximo por falla mecánica.	77.1.1. Igual a 75.2.1.		3	4	3	
		77.2. Regulador PCV03O2, PCV04O2, PCV05O2, PCV06O2 abierto al máximo.	77.2.1. Igual a 75.4.1.		1	4	2	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales
 Nodo: (7) Línea de análisis de oxígeno
 Dibujo: Lámina IQ-002 / Lámina IQ-004 / Lámina IQ-005
 Parámetro: Presión

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Menos	78. Baja presión	78.1. Válvula de muestreo del PGS y/o isocontenedor cerrada o parcialmente abierta.	78.1.1. Igual a 73.1.1. o 74.1.1.		4	4	4	
		78.2. Válvula selectora V22O2 en posición equivocada.	78.2.1. Igual a 73.2.1.		4	4	4	
		78.3. Regulador PCV02O2 y/o válvula V23O2 cerrado o parcialmente abierto.	78.3.1. Igual a 73.3.1. y 74.2.1.		4	4	4	
		78.4. Flujómetro V50O2 (FI01O2) cerrado o parcialmente abierto.	78.4.1. Igual a 73.4.1. y 74.3.1.		4	4	4	
		78.5. Válvula del cilindro cerrada o parcialmente abierta.	78.5.1. Igual a 73.5.1. y 74.4.1.		4	4	4	
		78.6. Válvula V28O2, V31O2, V36O2, V39O2 cerrada o parcialmente abierta.	78.6.1. Igual a 73.6.1. y 74.5.1.		4	4	4	
		78.7. Regulador PCV03O2, PCV04O2, PCV05O2, PCV06O2 cerrado o parcialmente abierto.	78.7.1. Igual a 73.7.1. y 74.6.1.		4	4	4	
		78.8. Válvula V29O2, V32O2, V37O2, V40O2 cerrada o parcialmente abierta.	78.8.1. Igual a 73.8.1. y 74.7.1.		4	4	4	
		78.9. Válvula selectora V51O2 en posición equivocada.	78.9.1. Igual a 73.9.1.		4	4	4	
		78.10. Flujómetro V52O2 (F02O2) cerrado o parcialmente abierto.	78.10.1. Igual a 73.10.1. y 74.8.1.		4	4	4	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales

Nodo: (7) Línea de análisis de oxígeno

Dibujo: Lámina IQ-002 / Lámina IQ-004 / Lámina IQ-005

Parámetro: Presión

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Más	79. Alta presión	79.1. Regulador PCV02O2 abierto al máximo.	79.1.1. Igual a 75.1.1.		2	4	3	
		79.2. Regulador PCV02O2 abierto al máximo por falla mecánica.	79.2.1. Igual a 75.2.1.		2	4	3	
		79.3. Regulador PCV03O2, PCV04O2, PCV05O2, PCV06O2 abierto al máximo.	79.3.1. Igual a 75.3.1.		2	4	3	
		79.4. Regulador PCV03O2, PCV04O2, PCV05O2, PCV06O2 abierto al máximo por falla mecánica.	79.4.1. Igual a 75.4.1.		1	4	2	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales

Nodo: (7) Línea de análisis de oxígeno

Dibujo: Lámina IQ-002 / Lámina IQ-004 / Lámina IQ-005

Parámetro: Velocidad

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Menos	80. Baja velocidad	80.1. Sin riesgo para la operación, debido a que no hay un riesgo asociado para el oxígeno a baja velocidad.	80.1.1. Sin riesgo para la operación.	80.1.1.1. Sin riesgo para la operación.	5	5	4	
Más	81. Alta velocidad	81.1. Regulador PCV02O2 abierto al máximo por falla mecánica.	81.1.1. Igual a 75.2.1.		2	4	3	
		81.2. Regulador PCV03O2, PCV04O2, PCV05O2, PCV06O2 abierto al máximo por falla mecánica.	81.2.1. Igual a 75.4.1.		1	4	2	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales

Nodo: (8) Panel de trasvase (línea de venteo)

Dibujo: Lámina IQ-006

Parámetro: Flujo

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
No	82. No flujo	82.1. Válvula V46O2, V47O2 cerrada.	82.1.1. <ul style="list-style-type: none"> Falta de tratamiento a los cilindros. Posible contaminación de cilindros. 	82.1.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros por trasvase. 82.1.1.2. PI12O2, PI13O2.	4	4	4	
		82.2. Válvulas de los cilindros cerradas.	82.2.1. <ul style="list-style-type: none"> Falta de tratamiento a los cilindros. Posible contaminación de cilindros. 	82.2.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros por trasvase. 82.2.1.2. PI12O2, PI13O2.	4	4	4	
		82.3. Cilindros sin presión residual.	82.3.1. Sin consecuencia para la operación, el proceso de venteo tiene como objetivo despresurizar completamente los cilindros, por lo que si el cilindro no tiene presión es idóneo para esta etapa.	82.3.1.1. Sin consecuencia para la operación.	5	4	4	
Menos	83. Menos flujo	83.1. Válvula V46O2, V47O2 parcialmente abierta.	83.1.1. Ciclo de venteo de cilindros lento.	83.1.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros por trasvase. 83.1.1.2. PI12O2, PI13O2.	4	4	4	
		83.2. Válvulas de los cilindros parcialmente abiertas.	83.2.1. Ciclo de venteo de cilindros lento.	83.2.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros por trasvase. 83.2.1.2. PI12O2, PI13O2.	4	4	4	
Más	84. Más flujo	84.1. Venteo de cilindros llenos.	84.1.1. Sobrepassar la velocidad crítica de oxígeno, posible destello.	84.1.1.1. Materiales compatibles con oxígeno. 84.1.1.2. Procedimiento de llenado de cilindros por trasvase.	2	4	3	
Otro que	85. Flujo mal direccionado	85.1. Aire ambiente que ingrese a los cilindros cuando se encuentren sin presión residual.	85.1.1. Posible contaminación del cilindro.	85.1.1.1. Válvula de retención Y20O2.	4	4	4	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales

Nodo: (8) Panel de trasvase (línea de venteo)

Dibujo: Lámina IQ-006

Parámetro: Flujo

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Menos	86. Baja temperatura	86.1. Sin riesgo para la operación, el oxígeno gas se encuentra a temperatura ambiente, por lo tanto no hay una etapa en este proceso que haga disminuir la temperatura a un nivel crítico.	86.1.1. Sin riesgo para la operación.	86.1.1.1. Sin riesgo para la operación.	5	5	4	
Más	87. Alta temperatura	87.1. Venteo de cilindros llenos.	87.1.1. Igual a 84.1.1.		2	4	3	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales

Nodo: (8) Panel de trasvase (línea de venteo)

Dibujo: Lámina IQ-006

Parámetro: Presión

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Menos	88. Baja presión	88.1. Válvula V46O2, V47O2 cerrada o parcialmente abierta.	88.1.1. Igual a 82.1.1. y 83.1.1.		4	4	4	
		88.2. Válvulas de los cilindros cerradas o parcialmente abierta.	88.2.1. Igual a 82.2.1. y 83.2.1.		4	4	4	
		88.3. Cilindros sin presión residual.	88.3.1. Igual a 82.3.1.		5	4	4	
Más	89. Alta presión	89.1. Venteo de cilindros llenos.	89.1.1. Igual a 84.1.1.		2	4	3	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales

Nodo: (8) Panel de trasvase (línea de venteo)

Dibujo: Lámina IQ-006

Parámetro: Velocidad

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Menos	90. Baja velocidad	90.1. Sin riesgo para la operación, debido a que no hay un riesgo asociado para el oxígeno a baja velocidad.	90.1.1. Sin riesgo para la operación.	90.1.1.1. Sin riesgo para la operación.	5	5	4	
Más	91. Alta velocidad	91.1. Venteo de cilindros llenos.	91.1.1. Igual a 84.1.1.		2	4	3	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales

Nodo: (9) Panel de trasvase (línea de vacío)

Dibujo: Lámina IQ-006

Parámetro: Flujo

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
No	92. No flujo	92.1. Válvula V44O2, V45O2 cerrada.	92.1.1. Falta de tratamiento a los cilindros.	92.1.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros por trasvase. 92.1.1.2. PI14O2.	4	4	4	
		92.2. Válvulas de los cilindros cerradas.	92.2.1. Falta de tratamiento a los cilindros.	92.2.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros por trasvase. 92.2.1.2. PI14O2.	4	4	4	
		92.3. Fallo de bomba de vacío RPV-02O2.	92.3.1. Falta de tratamiento a los cilindros.	92.3.1.1. Programa de mantenimiento.	4	4	4	
Menos	93. Menos flujo	93.1. Válvula V44O2, V45O2 parcialmente abierta.	93.1.1. Ciclo de vacío de cilindros lento.	93.1.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros por trasvase. 93.1.1.2. PI14O2.	4	4	4	
		93.2. Válvulas de los cilindros parcialmente abiertas.	93.2.1. Ciclo de vacío de cilindros lento.	93.2.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros por trasvase. 93.2.1.2. PI14O2.	4	4	4	
Más	94. Más flujo	94.1. Los cilindros no se ventearon por completo.	94.1.1. Daño a la bomba de vacío RPV-02O2.	94.1.1.1. PI12O2, PI13O2. 94.1.1.2. Válvula de retención Y21O2. 94.1.1.3. Procedimiento de llenado de cilindros por trasvase.	2	2	2	94.1.1.1. Modificar el arreglo de la válvula de retención Y21O2 de acuerdo al estándar G03.250 Sistemas de evacuación de cilindros. 94.1.1.2. Reemplazo de la válvula retención existente por la aprobada de acuerdo al estándar G03.350 sección 2.

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales

Nodo: (9) Panel de trasvase (línea de vacío)

Dibujo: Lámina IQ-006

Parámetro: Temperatura

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Menos	95. Baja temperatura	95.1. Sin riesgo para la operación, el oxígeno gas se encuentra a temperatura ambiente, por lo tanto no hay una etapa en este proceso que haga disminuir la temperatura a un nivel crítico.	95.1.1. Sin riesgo para la operación.	95.1.1.1. Sin riesgo para la operación.	5	5	4	
Más	96. Alta temperatura	96.1. Escenario poco probable, durante el proceso de vacío la temperatura del oxígeno se mantiene constante (temperatura ambiente), por lo que no hay riesgo de alcanzar altas temperaturas en esta etapa.	96.1.1. Escenario poco probable.	96.1.1.1. Escenario poco probable.	4	4	4	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales

Nodo: (9) Panel de trasvase (línea de vacío)

Dibujo: Lámina IQ-006

Parámetro: Presión

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Menos	97. Baja presión	97.1. Sin riesgo para la operación, el proceso de vacío tiene como objetivo despresurizar completamente los cilindros, por lo que una baja presión es idóneo para esta etapa.	97.1.1. Sin riesgo para la operación.	97.1.1.1. Sin riesgo para la operación.	5	5	4	
Más	98. Alta presión	98.1. Los cilindros no se ventearon por completo.	98.1.1. Igual a 94.1.1.		2	2	2	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales

Nodo: (9) Panel de trasvase (línea de vacío)

Dibujo: Lámina IQ-006

Parámetro: Nivel

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Menos	99. Bajo nivel	99.1. Bajo nivel de aceite en la bomba de vacío por la no reposición de aceite en bomba de vacío RPV-02O2.	99.1.1. Daño a la bomba de vacío RPV-02O2.	99.1.1.1. Programa de mantenimiento.	2	4	3	99.1.1.1. Incluir en el procedimiento de llenado de cilindros por trasvase la inspección al inicio del turno del nivel de aceite de la bomba de vacío.
				99.1.1.2. Indicador de nivel de aceite.				
Más	100. Alto nivel	100.1. Alto nivel de aceite en la bomba de vacío por sobrellenado de aceite en bomba de vacío RPV-02O2.	100.1.1. <ul style="list-style-type: none"> • Venteos contaminados con aceite. • Problema de inocuidad. 	100.1.1.1. Programa de mantenimiento.	4	4	4	100.1.1.1. Incluir en el procedimiento de llenado de cilindros por trasvase la inspección al inicio del turno del nivel de aceite de la bomba de vacío.

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales

Nodo: (9) Panel de trasvase (línea de vacío)

Dibujo: Lámina IQ-006

Parámetro: Velocidad

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Menos	101. Baja velocidad	101.1. Sin riesgo para la operación, debido a que no hay un riesgo asociado para el oxígeno a baja velocidad.	101.1.1. Sin riesgo para la operación.	101.1.1.1. Sin riesgo para la operación.	5	5	4	
Más	102. Alta velocidad	102.1. Escenario poco probable, el valor de la velocidad crítica para el oxígeno es 200 psig/min, el cual no puede ser alcanzado durante la etapa de vacío.	102.1.1. Escenario poco probable.	102.1.1.1. Escenario poco probable.	5	5	4	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales

Nodo: (10) Panel de trasvase (línea de llenado)

Dibujo: Lámina IQ-006

Parámetro: Flujo

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones		
No	103. No flujo	103.1. "Cilindros madre" vacíos.	103.1.1. No llenado de cilindros.	103.1.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros por trasvase.	4	4	4			
				103.1.1.2. Regulador PCV07O2.						
				103.1.1.3. PI12O2, PI13O2.						
		103.2. Válvulas de "cilindros madre" y/o válvulas del panel de "cilindros madre" cerradas.	103.2.1. No llenado de cilindros.	103.2.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros por trasvase.	4	4	4			
				103.2.1.2. Regulador PCV07O2.						
				103.2.1.3. PI12O2, PI13O2.						
		103.3. Válvula V41O2 y/o regulador PCV07O2 en posición cerrada.	103.3.1. No llenado de cilindros.	103.3.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros por trasvase.	4	4	4			
				103.3.1.2. PI12O2, PI13O2.						
		103.4. Válvula V42O2, V43O2 cerradas.	103.4.1. No llenado de cilindros.	103.4.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros por trasvase.	4	4	4			
				103.4.1.2. PI12O2, PI13O2.						
		103.5. Válvulas de los "cilindros hijo" cerradas.	103.5.1. No llenado de cilindros.	103.5.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros por trasvase.	4	4	4			
				103.5.1.2. PI12O2, PI13O2.						
		Menos	104. Menos flujo	104.1. "Cilindros madre" parcialmente llenos.	104.1.1. Llenado lento de cilindros.	104.1.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros por trasvase.	4	4	4	
						104.1.1.2. Regulador PCV07O2.				
						104.1.1.3. PI12O2, PI13O2.				
104.2. Válvulas de "cilindros madre" y/o válvulas del panel de "cilindros madre" parcialmente abiertas.	104.2.1. Llenado lento de cilindros.			104.2.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros por trasvase.	4	4	4			
				104.2.1.2. Regulador PCV07O2.						
				104.2.1.3. PI12O2, PI13O2.						

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales

Nodo: (10) Panel de trasvase (línea de llenado)

Dibujo: Lámina IQ-006

Parámetro: Flujo

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Menos	104. Menos flujo	104.3. Válvula V41O2 y/o regulador PCV07O2 abiertos parcialmente.	104.3.1. Llenado lento de cilindros.	104.3.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros por trasvase. 104.3.1.2. PII2O2, PII3O2.	4	4	4	
		104.4. Válvula V42O2, V43O2 parcialmente abiertas.	104.4.1. Llenado lento de cilindros.	104.4.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros por trasvase. 104.4.1.2. PII2O2, PII3O2.	4	4	4	
		104.5. Válvula de los "cilindros hijo" parcialmente abierta.	104.5.1. Llenado lento de cilindros.	104.5.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros por trasvase. 104.5.1.2. PII2O2, PII3O2.	4	4	4	
Más	105. Más flujo	105.1. Abrir un cilindro vacío durante el llenado.	105.1.1. • Alcanzar la velocidad crítica de oxígeno. • Posible destello.	105.1.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros de oxígeno por trasvase.	2	3	3	105.1.1.1. Indicar en el procedimiento de llenado de cilindros de oxígeno que al detectar un cilindro vacío durante el llenado este no debe ser abierto.
Otro que	106. Flujo mal direccionado	106.1. Válvulas de venteo V4602O2, V4702O2 abiertas durante el llenado.	106.1.1. • Pérdida de producto. • No llenado de cilindros.	106.1.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros por trasvase. 106.1.1.2. PII2O2, PII3O2.	4	4	4	
		106.2. Válvulas de vacío V4402O2, V4502O2 abiertas durante el llenado.	106.2.1. Daño a la bomba de vacío RPV-02O2.	106.2.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros por trasvase. 106.2.1.2. PII2O2, PII3O2, PII4O2. 106.2.1.3. Válvula de retención Y1602X.	2	4	3	106.2.1.1. Modificar el arreglo de la válvula de retención Y11O2 de acuerdo al estándar G03.250 Sistemas de evacuación de cilindros. 106.2.1.2. Reemplazo de la válvula retención existente por la aprobada de acuerdo al estándar G03.250 Sistemas de evacuación de cilindros.
Reverso	107. Flujo reverso	107.1. Cilindros llenos conectados.	107.1.1. Pérdida de producto.	107.1.1.1. Ciclo de venteo y vacío previo al llenado. 107.1.1.2. Regulador PCV07O2.	4	4	4	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales

Nodo: (10) Panel de trasvase (línea de llenado)

Dibujo: Lámina IQ-006

Parámetro: Temperatura

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Menos	108. Baja temperatura	108.1. Sin riesgo para la operación, el oxígeno gas se encuentra a temperatura ambiente, por lo tanto no hay una etapa en este proceso que haga disminuir la temperatura a un nivel crítico.	108.1.1. Sin riesgo para la operación.	108.1.1.1. Sin riesgo para la operación.	5	5	4	
Más	109. Alta temperatura	109.1. Abrir un cilindro vacío durante el llenado.	109.1.1. Igual a 105.1.1.		2	3	3	
		109.2. Alta temperatura del medio ambiente.	109.2.1. • Calentamiento de cilindros. • Apertura de discos de ruptura.	109.2.1.1. Medidor de temperatura infrarojo.	3	4	4	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales

Nodo: (10) Panel de trasvase (línea de llenado)

Dibujo: Lámina IQ-006

Parámetro: Presión

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
No	110. Menos presión	110.1. "Cilindros madre" vacíos o parcialmente llenos.	110.1.1. Igual a 103.1.1. y 104.1.1.		4	4	4	
		110.2. Válvulas de "cilindros madre" y/o válvulas del panel de "cilindros madre" cerradas o parcialmente abiertas.	110.2.1. Igual a 103.2.1. y 104.2.1.		4	4	4	
		110.3. Válvula V41O2 y/o regulador PCV07O2 en posición cerrada o parcialmente abiertas.	110.3.1. Igual a 103.3.1. y 104.3.1.		4	4	4	
		110.4. Válvula V42O2, V43O2 cerradas o parcialmente abiertas.	110.4.1. Igual a 103.4.1. y 104.4.1.		4	4	4	
		110.5. Válvula de los "cilindros hijo" cerrada o parcialmente abiertas.	110.5.1. Igual a 103.5.1. y 104.5.1.		4	4	4	
Más	111. Más presión	111.1. Regulador PCV07O2 abierto al máximo antes de abrir los cilindros.	111.1.1. <ul style="list-style-type: none"> Alcanzar la velocidad crítica de oxígeno. Posible destello. 	111.1.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros por trasvase. 111.1.1.2. Compatibilidad de materiales.	2	3	3	111.1.1.1. Incluir en el procedimiento de llenado de cilindros por trasvase que el regulador PCV07O2 debe estar cerrado antes de abrir los cilindros madre. Además que el mismo debe cerrarse al finalizar cada ciclo de llenado.
		111.2. Regulador PCV07O2 abierto al máximo por falla mecánica.	111.2.1. <ul style="list-style-type: none"> Sobrepresurización de línea de llenado y cilindros. Alcanzar la velocidad crítica de oxígeno. Posible destello. 	111.2.1.1. Programa de mantenimiento. 111.2.1.2. PSV12O2. 111.2.1.3. Válvula de diafragma de relevo de presión del regulador. 111.2.1.4. Materiales compatibles con oxígeno. 111.2.1.5. Disco de ruptura de la válvula de los cilindros.	2	3	3	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales

Nodo: (10) Panel de trasvase (línea de llenado)

Dibujo: Lámina IQ-006

Parámetro: Presión

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Más	111. Más presión	111.3. Conectar "cilindros madre" con una presión mayor a 3000 psig.	111.3.1. Sobrepresurización de línea de llenado y cilindros.	111.3.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros por trasvase. 111.3.1.2. PSV12O2. 111.3.1.3. Disco de ruptura de la válvula de los cilindros.	2	3	3	111.3.1.1. Colocar señalización de presión máxima del sistema.
		111.4. Válvulas de vacío V4402O2, V4502O2 abiertas durante el llenado.	111.4.1. Igual a 106.2.1.		2	4	3	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales

Nodo: (10) Panel de trasvase (línea de llenado)

Dibujo: Lámina IQ-006

Parámetro: Velocidad

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Menos	112. Baja velocidad	112.1. Sin riesgo para la operación, debido a que no hay un riesgo asociado para el oxígeno a baja velocidad.	112.1.1. Sin riesgo para la operación.	112.1.1.1. Sin riesgo para la operación.	5	5	4	
Más	113. Alta velocidad	113.1. Regulador PCV07O2 abierto al máximo antes de abrir los cilindros.	113.1.1. Igual a 111.1.1.		2	3	3	
		113.2. Regulador PCV07O2 abierto al máximo por falla mecánica.	113.2.1. Igual a 111.2.1.		2	3	3	
		113.3. Abrir un cilindro vacío durante el llenado.	113.3.1. Igual a 105.1.1.		2	3	3	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales
 Nodo: (11) Tanque de almacenamiento V-01CO2
 Dibujo: Lámina IQ-007
 Parámetro: Flujo

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
No	114. No flujo	114.1. Válvulas V10CO2 y V11CO2 cerradas.	114.1.1. <ul style="list-style-type: none"> No llenado del tanque de almacenamiento V-01CO2. No llenado de cilindros y PGS's. 	114.1.1.1. WI01CO2. 114.1.1.2. Procedimiento de descarga de pipas de CO2.	4	4	4	
		114.2. Válvulas V16CO2 y V17CO2 cerradas.	114.2.1. <ul style="list-style-type: none"> No llenado del tanque de almacenamiento V-01CO2. Presurización del tanque de almacenamiento V-01CO2. 	114.2.1.1. Válvulas de seguridad PSV03CO2 y PSV04CO2.	3	4	4	
Menos	115. Menos flujo	115.1. Válvulas V10CO2 y V11CO2 parcialmente abiertas.	115.1.1. Sobrepresión en la tubería de llenado del tanque V-01CO2.	115.1.1.1. Válvulas de seguridad de las pipas de CO2 calibradas a 350 psig. 115.1.1.2. Procedimiento de descarga de pipas de CO2.	4	4	4	
		115.1. Válvulas V16CO2 y V17CO2 parcialmente abiertas.	115.2.1. Llenado lento del tanque de almacenamiento V-01CO2.	115.2.1.1. WI01CO2.	4	4	4	
Más	116. Mas flujo	116.1. Escenario poco probable, la carga del tanque V-01CO2 se realiza con una bomba, la cual está diseñada para trabajar a su máxima velocidad.	116.1.1. Escenario poco probable.	116.1.1.1. Escenario poco probable.	5	5	4	
Otro que	117. Flujo mal direccionado	117.1.1. Válvulas V14CO2, V18CO2 abiertas.	117.1.1. <ul style="list-style-type: none"> Liberación de dióxido de carbono al ambiente. Llenado lento del tanque de almacenamiento V-01CO2. 	117.1.1.1. Procedimiento de descarga de pipas de CO2. 117.1.1.2. WI01CO2.	4	4	4	
Reverso	118. Flujo reverso	118.1. Flujo de CO2 del tanque de almacenamiento V-01CO2 a la pipa durante el llenado del tanque.	118.1.1. Sobrepresurización de la pipa.	118.1.1.1. Procedimiento de descarga de pipas de CO2. 118.1.1.2. Válvulas de seguridad de la pipa.	4	4	4	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales

Nodo: (11) Tanque de almacenamiento V-01CO2

Dibujo: Lámina IQ-007

Parámetro: Temperatura

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Menos	119. Baja temperatura	119.1. Unidad de refrigeración HC-01CO2 no se detiene en su valor de paro de presión de 240 psig.	119.1.1. <ul style="list-style-type: none"> Cambio de propiedades del producto. Fragilización y ruptura de tanque. 	119.1.1.1. Transmisor de presión PT01CO2, PI01CO2, PSL01CO2.	2	4	3	119.1.1.1. Incluir en el procedimiento de llenado de cilindros de CO2 la revisión de la presión del tanque V-01CO2 al iniciar y finalizar el turno de trabajo.
				119.1.1.2. Programa de mantenimiento.				
				119.1.1.3. Lógica de control (a una presión de 180 psig la unidad de refrigeración se apaga).				
Más	120. Alta temperatura	120.1. Pérdida de vacío del tanque de almacenamiento V-01CO2.	120.1.1. <ul style="list-style-type: none"> Sobrepresurización. Apertura de válvulas de seguridad. 	120.1.1.1. Válvulas de seguridad PSV03CO2, PSV04CO2.	2	4	3	
				120.1.1.2. Programa de mantenimiento.				
				120.2.1.1. Válvulas de seguridad PSV03CO2, PSV04CO2.				
		120.2. Unidad de refrigeración HC-01CO2 no se activa a una presión de 290 psig.	120.2.1. <ul style="list-style-type: none"> Sobrepresurización. Apertura de válvulas de seguridad. 	120.2.1.2. Programa de mantenimiento.	2	4	3	120.2.1.1. Incluir en el procedimiento de llenado de cilindros de CO2 la revisión de la presión del tanque V-01CO2 al iniciar y finalizar el turno de trabajo.
				120.3.1.1. Tubería con líquido criogénico aislada.				
				120.3.1.2. Válvulas PRV09CO2, PRV10CO2.				
	120.3. Tubería no aislada.	120.3.1. <ul style="list-style-type: none"> Sobrepresurización. Ruptura de tubería. 		2	4	3		

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales
 Nodo: (11) Tanque de almacenamiento V-01CO2
 Dibujo: Lámina IQ-007
 Parámetro: Presión

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Menos	121. Baja presión	121.1. Válvulas V10CO2 y V11CO2 cerradas.	121.1.1. Igual a 114.1.1.		4	4	4	
		121.2. Válvulas V16CO2 y V18CO2 cerradas.	121.2.1. Igual a 114.1.1.		3	4	4	
		121.3. Válvulas V14CO2, V18CO2 abiertas.	121.3.1. Igual a 117.1.1.		4	4	4	
		121.4. Unidad de refrigeración HC-01CO2 no se detiene en su valor de paro de presión de 240 psig.	121.4.1. Igual a 119.1.1.		2	4	3	
		121.5. Válvulas V20CO2, V21CO2 abiertas.	121.5.1. <ul style="list-style-type: none"> Formación de hielo seco por disminución de presión por venteo de fase gas. Fragilización y ruptura de tanque. 	121.5.1.1. Transmisor de presión PT01CO2, PI01CO2, PSL01CO2.	2	4	3	121.5.1.1. Incluir en el procedimiento de llenado de cilindros de CO2 la revisión de la presión del tanque V-01CO2 al iniciar y finalizar el turno de trabajo.
				121.5.1.2. Programa de mantenimiento.				
121.6. Válvula de seguridad PSV03CO2 y PSV04CO2 abiertas.	121.6.1. <ul style="list-style-type: none"> Formación de hielo seco por disminución de presión por venteo de fase gas. Fragilización y ruptura de tanque. 	121.6.1.1. Transmisor de presión PT01CO2, PI01CO2, PSL01CO2.	2	4	3	121.6.1.1. Incluir en el procedimiento de llenado de cilindros de CO2 la revisión de la presión del tanque V-01CO2 al iniciar y finalizar el turno de trabajo.		
		121.6.1.2. Programa de mantenimiento.						
Más	122. Alta presión	122.1. Líquido entrampado entre V10CO2, V11CO2, V12CO2, V14CO2, V15CO2, válvula de pipa.	122.1.1. <ul style="list-style-type: none"> Sobrepresurización. Ruptura de tubería. 	122.1.1.1. Procedimiento de descarga de pipas de CO2.	2	4	3	
				122.1.1.2. Válvulas PRV07CO2, PRV08CO2.				
122.1.1.3. Programa de inspección de válvulas de seguridad.								
		122.2. Unidad de refrigeración HC-01CO2 no se activa a una presión de 290 psig.	122.2.1. Igual a 120.2.1.		2	4	3	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales
 Nodo: (11) Tanque de almacenamiento V-01CO2
 Dibujo: Lámina IQ-007
 Parámetro: Nivel

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Menos	123. Bajo nivel	123.1. No suministro de producto.	123.1.1. <ul style="list-style-type: none"> • Cavitación de bomba. • No llenado de cilindros y PGS's. • Daño de la bomba por arrastre de material en el asiento del tanque. 	123.1.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros de dióxido de carbono.	2	4	3	
				123.1.1.2. Procedimiento de llenado de PGS's de dióxido de carbono.				
				123.1.1.3. WT01CO2. 123.1.1.4. Control de nivel de inventarios diarios de tanques.				
		123.2. Válvulas V20CO2 y V21CO2 abiertas.	123.2.1. Igual a 121.5.1.		2	3	3	
		123.3. Válvulas de seguridad PSV03CO2 y PSV04CO2 abiertas.	123.3.1. Igual a 121.6.1.		2	3	3	
Más	124. Alto nivel	124.1. Sobrellenado de tanque de almacenamiento V-01CO2 por descarga de pipa.	124.1.1. Sobrepresurización del tanque.	124.1.1.1. Procedimiento de descarga de isotanques.	2	4	3	
				124.1.1.2. WT01CO2. 124.1.1.3. Parámetro Crítico de Operación: Sobrellenado, alta y baja presión de CO2 en tanque estacionario V-01CO2. 124.1.1.4. Válvulas de seguridad PSV03CO2, PSV04CO2.				
		124.2. Mal funcionamiento de la báscula de pesaje WT01CO2.	124.2.1. Sobrepresurización del tanque.	124.2.1.1. Programa de calibración de básculas.	2	4	3	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales

Nodo: (11) Tanque de almacenamiento V-01CO2

Dibujo: Lámina IQ-007

Parámetro: Velocidad

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Menos	125. Baja velocidad	125.1. Sin riesgo para la operación, debido a que no hay un riesgo asociado para el dióxido de carbono a baja velocidad.	125.1.1. Sin riesgo para la operación.	125.1.1.1. Sin riesgo para la operación.	5	5	4	
Más	126. Alta velocidad	126.1. Sin riesgo para la operación, debido a que no hay un riesgo asociado para el dióxido de carbono a alta velocidad.	126.1.1. Sin riesgo para la operación.	126.1.1.1. Sin riesgo para la operación.	5	5	4	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales
 Nodo: (12) Llenado de PGS's de dióxido de carbono
 Dibujo: Lámina IQ-007 / Lámina IQ-008
 Parámetro: Flujo

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
No	127. No flujo	127.1. Válvulas V05CO2, V06CO2, V07CO2, V23CO2, V24CO2 cerradas.	127.1.1. No llenado del PGS.	127.1.1.1. Procedimiento de llenado de PGS's. 127.1.1.2. W01CO2.	4	4	4	
		127.2. Válvula de entrada de líquido y/o venteo del PGS cerrada.	127.2.1. No llenado del PGS.	127.2.1.1. Procedimiento de llenado de PGS's. 127.2.1.2. W01CO2.	4	4	4	
		127.3. Ruptura de manguera FH03CO2, FH05CO2.	127.3.1. • No llenado del PGS. • Derrame de líquido criogénico.	127.3.1.1. Procedimiento de llenado de PGS's. 127.3.1.2. W01CO2. 127.3.1.3. Programa de mantenimiento (programa de cambio de mangueras).	2	4	3	
Menos	128. Menos flujo	128.1. Válvulas V05CO2, V06CO2, V07CO2, V23CO2, V24CO2 parcialmente abiertas.	128.1.1. Llenado lento del PGS.	128.1.1.1. Procedimiento de llenado de PGS's. 128.1.1.2. W01CO2.	4	4	4	
		128.2. Válvula de entrada de líquido y/o venteo del PGS parcialmente abiertas.	128.2.1. Llenado lento del PGS.	128.2.1.1. Procedimiento de llenado de PGS's. 128.2.1.2. W01CO2.	4	4	4	
		128.3. Válvulas V25CO2, V27CO2 abiertas.	128.3.1. Llenado lento del PGS.	128.3.1.1. Procedimiento de llenado de PGS's.	4	4	4	
		128.4. Fuga de manguera FH03CO2, FH05CO2.	128.4.1. • No llenado del PGS. • Fuga de líquido criogénico.	128.4.1.1. W01CO2. 128.4.1.2. Programa de mantenimiento (programa de cambio de mangueras).	2	4	3	
		128.5. Baja presión en tanque V-01CO2.	128.5.1. Llenado lento del PGS.	128.5.1.1. Control de nivel de inventarios diarios de tanques. 128.5.1.2. Procedimiento de llenado de PGS's. 128.5.1.3. W01CO2.	4	4	4	
Más	129. Mas flujo	129.1. Alta presión en tanque V-01CO2.	129.1.1. Altas mermas de producto.	129.1.1.1. Procedimiento de llenado de PGS's.	4	4	4	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales

Nodo: (12) Llenado de PGS's de dióxido de carbono

Dibujo: Lámina IQ-007 / Lámina IQ-008

Parámetro: Flujo

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Otro que	130. Flujo mal direccionado	130.1.1. Válvulas V25CO2, V27CO2 abiertas.	130.1.1. <ul style="list-style-type: none"> • Derrame de líquido criogénico. • Llenado lento del PGS. 	130.1.1.1. Procedimiento de llenado de PGS's. 130.1.1.2. WI01CO2.	2	4	3	
Reverso	131. Flujo reverso	131.1. PGS con presión superior a la presión del tanque V-01CO2.	131.1.1. Posible contaminación de tanque.	131.1.1.1. Válvula de retención Y01CO2.	4	4	4	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales

Nodo: (12) Llenado de PGS's de dióxido de carbono

Dibujo: Lámina IQ-007 / Lámina IQ-008

Parámetro: Temperatura

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Menos	132. Baja temperatura	132.1. Sin riesgo para el proceso, la temperatura mínima que puede alcanzar el dióxido de carbono en estado líquido es de -56.6 °C, por lo tanto la baja temperatura no implica un riesgo para la operación.	132.1.1. Sin riesgo para el proceso.	132.1.1.1. Sin riesgo para el proceso.	5	5	4	
Más	133. Alta temperatura	133.1. Líquido entrampado entre V05CO2, V06CO2, V07CO2, V23CO2, V24CO2, V27CO2 y válvula de llenado del PGS.	133.1.1. • Sobrepresurización. • Apertura de válvulas de seguridad.	133.1.1.1. Válvulas de seguridad PSV03CO2, PSV04CO2. 133.1.1.2. Programa de mantenimiento.	2	4	3	
		133.2. Tubería no aislada.	133.2.1. • Sobrepresurización. • Ruptura de tubería.	133.2.1.1. Tubería con líquido criogénico aislada. 133.2.1.2. Válvulas PRV09CO2, PRV10CO2.	2	4	3	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales
 Nodo: (12) Llenado de PGS's de dióxido de carbono
 Dibujo: Lámina IQ-007 / Lámina IQ-008
 Parámetro: Presión

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Menos	134. Baja presión	134.1. Baja presión en tanque V-01CO2.	134.1.1. Igual a 121.4.1. y 121.5.1.		2	3	3	
		134.2. Válvulas V05CO2, V06CO2, V07CO2, V23CO2, V24CO2 cerradas.	134.2.1. Igual a 114.1.1.		4	4	4	
		134.3. Válvulas V25CO2, V27CO2 abiertas.	134.3.1. Igual a 130.1.1.		2	4	3	
		134.4. Fuga de manguera FH03CO2, FH05CO2.	134.4.1. Igual a 128.4.1.		2	4	3	
Más	135. Alta presión	135.1. Líquido entrampado entre V05CO2, V06CO2, V07CO2, V23CO2, V24CO2, V27CO2 y válvula de llenado del PGS.	135.1.1. <ul style="list-style-type: none"> • Sobrepresurización. • Ruptura de tubería. 	135.1.1.1. Procedimiento de llenado de PGS's de CO2.	2	4	3	
				135.1.1.2. Válvulas PRV03CO2, PRV04CO2, PRV11CO2, PRV12CO2.				
				135.1.1.3. Disco de ruptura PSE01CO2.				
				135.1.1.4. Programa de inspección de válvulas de seguridad.				
		135.2. Tubería no aislada.	135.2.1. <ul style="list-style-type: none"> • Sobrepresurización. • Ruptura de tubería. 	135.2.1.1. Tubería con líquido criogénico aislada.	2	4	3	
				135.2.1.2. Válvulas PRV03CO2, PRV04CO2, PRV11CO2, PRV12CO2.				

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales
 Nodo: (12) Llenado de PGS's de dióxido de carbono
 Dibujo: Lámina IQ-007 / Lámina IQ-008
 Parámetro: Nivel

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Menos	136. Bajo nivel	136.1. Válvulas V05CO2, V06CO2, V07CO2, V23CO2, V24CO2 cerradas.	136.1.1. Igual a 127.1.1.		4	4	4	
		136.2. Válvula de entrada de líquido y/o venteo del PGS cerrada.	136.2.1. Igual a 127.2.1.		4	4	4	
		136.3. Ruptura de manguera FH03CO2, FH05CO2.	136.3.1. Igual a 127.3.1.		2	4	3	
		136.4. Bajo nivel de producto en tanque V-01CO2.	136.4.1. Igual a 123.1.1., 123.2.1. y 123.3.1.		2	3	3	
		136.5. Báscula W-01CO2 descalibrada.	136.5.1. Bajo peso del PGS.	136.5.1.1. Programa de calibración. 136.5.1.2. Procedimiento de revisión de desempeño de las básculas.	4	4	4	
Más	137. Alto nivel	137.1. Sobrellenado debido a descalibración de báscula W-01CO2.	137.1.1. Derrame de líquido criogénico.	137.1.1.1. Programa de calibración.	2	4	3	
				137.1.1.2. Procedimiento de revisión de desempeño de las básculas.				
				137.1.1.3. Procedimiento de llenado de PGS's.				
				137.1.1.4. Parámetro Crítico de Operación: Sobre llenado y alta presión de dióxido de carbono líquido en PGS's.				
				137.1.1.5. PRV del PGS.				

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales

Nodo: (12) Llenado de PGS's de dióxido de carbono

Dibujo: Lámina IQ-007 / Lámina IQ-008

Parámetro: Velocidad

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Menos	138. Baja velocidad	138.1. Sin riesgo para la operación, debido a que no hay un riesgo asociado para el dióxido de carbono a baja velocidad.	138.1.1. Sin riesgo para la operación.	138.1.1.1. Sin riesgo para la operación.	5	5	4	
Más	139. Alta velocidad	139.1. Sin riesgo para la operación, debido a que no hay un riesgo asociado para el dióxido de carbono a alta velocidad.	139.1.1. Sin riesgo para la operación.	139.1.1.1. Sin riesgo para la operación.	5	5	4	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales
 Nodo: (13) Línea de tanque V-01CO2 a bomba P-01CO2
 Dibujo: Lámina IQ-007 / Lámina IQ-009
 Parámetro: Flujo

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
No	140. No flujo	140.1. Válvulas V01CO2, V02CO2, V29CO2 cerradas.	140.1.1. • Cavitación de bomba. • Daño a la bomba. • No llenado de cilindros.	140.1.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros de dióxido de carbono.	2	4	3	
				140.1.1.2. Procedimiento de arranque y paro de bomba de llenado de cilindros de dióxido de carbono.				
		140.2. Ruptura de manguera FH01CO2, FH07CO2.	140.2.1. • Cavitación de bomba. • Daño a la bomba. • No llenado de cilindros. • Derrame de líquido criogénico.	140.2.1.1. Programa de mantenimiento (programa de cambio de mangueras).	2	4	3	
		140.3. Filtro STR01CO2 obstruido.	140.3.1. • Cavitación de bomba. • Daño a la bomba. • No llenado de cilindros.		2	4	3	140.3.1.1. Incluir en el programa de mantenimiento de planta la inspección del filtro.
		140.4. Fallo de la bomba P-01CO2.	140.4.1. No llenado de cilindros.	140.4.1.1. Programa de mantenimiento.	4	4	4	
		140.5. Bajo nivel del tanque V-01CO2.	140.5.1. • Cavitación de bomba. • Daño a la bomba. • No llenado de cilindros.	140.5.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros de dióxido de carbono.	2	4	3	
140.5.1.2. WI01CO2.								
140.6. Válvulas V03CO2, V04CO2 cerradas.	140.6.1. • No retorno a tanque V-01CO2. • Sobrepresurización de la línea.	140.6.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros de dióxido de carbono.	3	4	3			

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales
 Nodo: (13) Línea de tanque V-01CO2 a bomba P-01CO2
 Dibujo: Lámina IQ-007 / Lámina IQ-009
 Parámetro: Flujo

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Menos	141. Menos flujo	141.1. Válvulas V01CO2, V02CO2, V29CO2 parcialmente abiertas.	141.1.1. <ul style="list-style-type: none"> • Cavitación de bomba. • Daño a la bomba. • No llenado de cilindros. 	141.1.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros de dióxido de carbono. 141.1.1.2. Procedimiento de arranque y paro de bomba de llenado de cilindros de dióxido de carbono.	2	4	3	
		141.2. Fuga de manguera FH01CO2, FH07CO2.	141.2.1. <ul style="list-style-type: none"> • Cavitación de bomba. • Daño a la bomba. • No llenado de cilindros. • Fuga de líquido criogénico. 	141.2.1.1. Programa de mantenimiento (programa de cambio de mangueras).	2	4	3	
		141.3. Filtro STR01CO2 obstruido.	141.3.1. <ul style="list-style-type: none"> • Cavitación de bomba. • Daño a la bomba. • No llenado de cilindros. 		2	4	3	141.3.1.1. Incluir en el programa de mantenimiento de planta la inspección del filtro.
		141.4. Bajo nivel del tanque V-01CO2.	141.4.1. <ul style="list-style-type: none"> • Cavitación de bomba. • Daño a la bomba. • No llenado de cilindros. 	141.4.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros de dióxido de carbono. 141.4.1.2. WI01CO2.	2	4	3	
		141.5. Válvulas V03CO2, V04CO2 parcialmente abiertas.	141.5.1. <ul style="list-style-type: none"> • Retorno lento de producto al tanque V-01CO2. • Posible sobrepresurización. 	141.5.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros de dióxido de carbono.	3	4	3	
		142.1. Escenario poco probable, debido a que el flujo en la línea se debe a la presión de operación del tanque V-01CO2 y la presión de operación se encuentra 40 psig por debajo de la presión máxima del tanque.				5	5	4
Otro que	143. Flujo mal direccionado	143.1. Válvula V30CO2 abierta.	143.1.1. <ul style="list-style-type: none"> • Cavitación de bomba. • Daño a la bomba. • No llenado de cilindros. 	143.1.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros de dióxido de carbono.	2	4	3	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales
 Nodo: (13) Línea de tanque V-01CO2 a bomba P-01CO2
 Dibujo: Lámina IQ-007 / Lámina IQ-008
 Parámetro: Temperatura

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Menos	144. Baja temperatura	144.1. Sin riesgo para el proceso, el dióxido de carbono líquido puede alcanzar temperaturas de -56 °C, por lo tanto la baja temperatura no implica un riesgo para la operación.	144.1.1. Sin riesgo para el proceso.	144.1.1. Sin riesgo para el proceso.	5	5	4	
Más	145. Alta temperatura	145.1. Líquido entrampado entre válvula V01CO2 V02CO2, V29CO2, V30CO2 y filtro STR01CO2.	145.1.1. <ul style="list-style-type: none"> • Sobrepresurización. • Ruptura de tubería. 	145.1.1.1. Válvulas de seguridad PRV01CO2, PRV14CO2, PRV15CO2. 145.1.1.2. Programa de inspección de válvulas de seguridad.	2	4	3	
		145.2. Líquido entrampado entre válvula V03CO2 V04CO2, V30CO2, V37CO2 y regulador de presión PCV05CO2.	145.2.1. <ul style="list-style-type: none"> • Sobrepresurización. • Ruptura de tubería 	145.2.1.1. Válvulas de seguridad PRV02CO2, PSV06CO2. 145.2.1.2. Programa de inspección de válvulas de seguridad.	2	4	3	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales
 Nodo: (13) Línea de tanque V-01CO2 a bomba P-01CO2
 Dibujo: Lámina IQ-007 / Lámina IQ-008
 Parámetro: Presión

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Menos	146. Baja presión	146.1. Válvulas V01CO2, V02CO2, V29CO2 cerradas o parcialmente abiertas.	146.1.1. Igual a 140.1.1. y 141.1.1.		2	3	3	
		146.2. Ruptura o fuga de manguera FH01CO2, FH07CO2.	146.2.1. Igual a 140.2.1. y 141.2.1.		2	3	3	
		146.3. Filtro STR01CO2 obstruido o parcialmente obstruido.	146.3.1. Igual a 140.3.1. y 141.3.1.		2	4	3	
		146.4. Fallo de la bomba P-01CO2.	146.4.1. Igual a 140.4.1.		2	4	3	
		146.5. Baja presión en tanque V-01CO2.	146.5.1. Igual a 121.4.1. y 121.5.1.		2	3	3	
		146.6. Válvulas V03CO2, V04CO2 cerradas.	146.6.1. Igual a 140.6.1.		3	4	3	
Más	147. Alta presión	147.1. Líquido entrampado entre válvula V01CO2 V02CO2, V29CO2, V30CO2 y filtro STR01CO2.	147.1.1. Igual a 145.1.1.		2	4	3	
		147.2. Líquido entrampado entre válvula V03CO2 V04CO2, V30CO2, V37CO2 y regulador de presión PCV05CO2.	147.2.1. Igual a 145.2.1.		2	4	3	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales

Nodo: (13) Línea de tanque V-01CO2 a bomba P-01CO2

Dibujo: Lámina IQ-007 / Lámina IQ-008

Parámetro: Velocidad

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Menos	148. Baja velocidad	148.1. Sin riesgo para la operación, debido a que no hay un riesgo asociado para el dióxido de carbono a baja velocidad.	148.1.1. Sin riesgo para la operación.	148.1.1.1. Sin riesgo para la operación.	5	5	4	
Más	149. Alta velocidad	149.1. Sin riesgo para la operación, debido a que no hay un riesgo asociado para el dióxido de carbono a alta velocidad.	149.1.1. Sin riesgo para la operación.	149.1.1.1. Sin riesgo para la operación.	5	5	4	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales
 Nodo: (14) Línea bomba P-01CO2 a llenado de cilindros
 Dibujo: Lámina IQ-009
 Parámetro: Flujo

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
No	150. No flujo	150.1. Válvulas V31CO2 o V34CO2 cerradas.	150.1.1. <ul style="list-style-type: none"> No llenado de cilindros. Sobrepresurización de la línea. 	150.1.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros de CO ₂ .	2	3	3	
				150.1.1.2. WI03CO2, WI04CO2.				
				150.1.1.3. Regulador PCV03CO2.				
				150.1.1.4. PSH01CO2. 150.1.1.5. PSV05CO2. 150.1.1.6. PSE01CO2.				
		150.2. Ruptura de manguera FH08CO2, FH09CO2.	150.2.1. <ul style="list-style-type: none"> No llenado de cilindros. Derrame de líquido criogénico. Posible lesión al personal. 	150.2.1.1. Línea de vida.	2	3	3	
				150.2.1.2. Programa de mantenimiento (programa de cambio de mangueras).				
				150.2.1.3. WI03CO2, WI04CO2.				
		150.3. Válvula del cilindro cerrada.	150.3.1. <ul style="list-style-type: none"> No llenado de cilindros. Sobrepresurización de la línea. 	150.3.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros de CO ₂ .	2	3	3	
				150.3.1.2. WI03CO2, WI04CO2.				
				150.3.1.3. Regulador PCV03CO2.				
				150.3.1.4. PSE02CO2, PSE03CO2.				
		150.4. Válvula V37CO2 cerrada.	150.4.1. <ul style="list-style-type: none"> No retorno a tanque V-01CO2. Sobrepresurización de la línea. 	150.4.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros de CO ₂ .	3	4	3	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales
 Nodo: (14) Línea bomba P-01CO2 a llenado de cilindros
 Dibujo: Lámina IQ-009
 Parámetro: Flujo

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Menos	151. Menos flujo	151.1. Válvulas V31CO2 o V34CO2 parcialmente abiertas.	151.1.1. <ul style="list-style-type: none"> Llenado lento de cilindros. Posible sobrepresurización de la línea. 	151.1.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros de CO ₂ . 151.1.1.2. WI03CO2, WI04CO2. 151.1.1.3. Regulador PCV03CO2.	3	3	3	
		151.2. Fuga de manguera FH08CO2, FH09CO2.	151.2.1. <ul style="list-style-type: none"> Llenado lento de cilindros. Fuga de líquido criogénico. 	151.2.1.1. Programa de mantenimiento (programa de cambio de mangueras). 151.2.1.2. WI03CO2, WI04CO2.	3	3	3	
		151.3. Válvula del cilindro cerrada.	151.3.1. <ul style="list-style-type: none"> No llenado de cilindros. Posible sobrepresurización de la línea. 	151.3.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros de CO ₂ . 151.3.1.2. WI03CO2, WI04CO2. 151.3.1.3. Regulador PCV03CO2. 151.3.1.4. PSE02CO2, PSE03CO2.	3	3	3	
		151.4. Válvula V37CO2 parcialmente abierta.	151.4.1. <ul style="list-style-type: none"> Retorno lento de producto al tanque V-01CO2. Posible sobrepresurización de la línea. 	151.4.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros de CO ₂ .	3	4	3	
Más	152. Mas flujo	152.1. Escenario poco probable, debido a que la bomba trabaja al 100% de capacidad.	152.1.1. Escenario poco probable.	152.1.1.1. Escenario poco probable.	5	5	4	
Otro que	153. Flujo mal direccionado	153.1. Válvula V32CO2, V33CO2, V34CO2 abiertas.	153.1.1. <ul style="list-style-type: none"> Llenado lento de cilindros. Liberación de líquido criogénico. 	153.1.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros de CO ₂ . 153.1.1.2. WI03CO2, WI04CO2.	2	4	3	
		153.2. Válvula V37CO2 abierta durante el llenado.	153.2.1. Llenado lento de cilindros.	153.2.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros de CO ₂ .	4	4	4	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales

Nodo: (14) Línea bomba P-01CO2 a llenado de cilindros

Dibujo: Lámina IQ-009

Parámetro: Flujo

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Reverso	154. Flujo reverso	154.1. Cilindros con presión superior a la presión de la bomba P-01CO2.	154.1.1. Posible daño a la bomba.	154.1.1.1. Válvula de retención Y02CO2.	2	4	3	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales
 Nodo: (14) Línea bomba P-01CO2 a llenado de cilindros
 Dibujo: Lámina IQ-009
 Parámetro: Temperatura

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Menos	155. Baja temperatura	155.1. Sin riesgo para el proceso, el dióxido de carbono líquido puede alcanzar temperaturas de -56 °C, por lo tanto la baja temperatura no implica un riesgo para la operación.	155.1.1. Sin riesgo para el proceso.	155.1.1.1. Sin riesgo para el proceso.	5	5	4	
Más	156. Alta temperatura	156.1. Líquido entrampado entre válvula de retención Y02CO2, regulador de presión PCV03CO2, y válvulas V31CO2, V33CO2, V34CO2 y V37 CO2.	156.1.1. <ul style="list-style-type: none"> • Sobrepresurización. • Ruptura de tubería. 	156.1.1.1. Válvula de seguridad PSV05CO2.	2	4	3	
				156.1.1.2. Disco de ruptura PSE01CO2.				
				156.1.1.3. Programa de inspección de válvulas de seguridad.				
		156.2. Líquido entrampado entre válvulas V31CO2, V32CO2 y válvula del cilindro.	156.2.1. <ul style="list-style-type: none"> • Sobrepresurización. • Ruptura de tubería. 	156.2.1.1. Disco de ruptura PSE02CO2.	2	4	3	
				156.2.1.2. Programa de inspección de válvulas de seguridad.				
		156.3. Líquido entrampado entre válvulas V34CO2, V35CO2 y válvula del cilindro.	156.3.1. <ul style="list-style-type: none"> • Sobrepresurización. • Ruptura de tubería. 	156.3.1.1. Disco de ruptura PSE03CO2.	2	4	3	
				156.3.1.2. Programa de inspección de válvulas de seguridad.				

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales
 Nodo: (14) Línea bomba P-01CO2 a llenado de cilindros
 Dibujo: Lámina IQ-009
 Parámetro: Presión

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Menos	157. Baja presión	157.1. Válvulas V31CO2 o V34CO2 cerradas.	157.1.1. Igual a 150.1.1.		2	3	3	
		157.2. Ruptura de manguera FH08CO2, FH09CO2.	157.2.1. Igual a 150.2.1.		2	3	3	
		157.3. Válvula del cilindro cerrada.	157.3.1. Igual a 150.3.1.		2	3	3	
		157.4. Válvula V37CO2 cerrada.	157.4.1. Igual a 150.4.1.		3	4	3	
		157.5. Fallo de la bomba P-01CO2.	157.5.1. Igual a 140.4.1.		4	4	4	
Más	158. Alta presión	158.1. Válvulas V31CO2 o V34CO2 cerradas.	158.1.1. Igual a 150.1.1.		2	3	3	
		158.2. Líquido entrampado entre válvula de retención Y02CO2, regulador de presión PCV03CO2, y válvulas V31CO2, V33CO2, V34CO2 y V37 CO2.	158.2.1. Igual a 156.1.1.		2	4	3	
		158.3. Líquido entrampado entre válvulas V31CO2, V32CO2 y válvula del cilindro.	158.3.1. Igual a 156.2.1.		2	4	3	
		158.4. Líquido entrampado entre válvulas V34CO2, V35CO2 y válvula del cilindro.	158.4.1. Igual a 156.3.1.		2	4	3	
		158.5. Cilindros con producto residual en línea de llenado.	158.5.1. Sobrepresurización de línea.	158.5.1.1. PSE02CO2, PSE03CO2.	2	4	3	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales
 Nodo: (14) Línea bomba P-01CO2 a llenado de cilindros
 Dibujo: Lámina IQ-009
 Parámetro: Nivel

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Menos	159. Bajo nivel	159.1. Válvulas V31CO2 o V34CO2 cerradas.	159.1.1. Igual a 150.1.1.		2	3	3	
		159.2. Ruptura de manguera FH08CO2, FH09CO2.	159.2.1. Igual a 150.2.1.		2	3	3	
		159.3. Válvula del cilindro cerrada.	159.3.1. Igual a 150.3.1.		2	3	3	
		159.4. Fallo de la bomba P-01CO2.	159.4.1. Igual a 140.4.1.		4	4	4	
		159.5. Bajo nivel del tanque V-01CO2.	159.5.1. Igual a 140.5.1.		2	4	3	
		159.6. Báscula W02CO2, W03CO2 descalibrada.	159.6.1. Bajo peso del cilindro.	159.6.1.1. Programa de calibración. 159.6.1.2. Procedimiento de revisión de desempeño de las básculas.	4	4	4	
Mas	160. Alto nivel	160.1. Sobrellenado debido a descalibración de báscula W02CO2, W03CO2.	160.1.1. Ruptura del cilindro.	160.1.1.1. Programa de calibración.	2	4	3	
				160.1.1.2. Procedimiento de revisión de desempeño de las básculas.				
				160.1.1.3. Procedimiento de llenado de cilindros de dióxido de carbono.				
				160.1.1.4. Parámetro Crítico de Operación: Sobre llenado de cilindros de dióxido de carbono.				
		160.1.1.5. Disco de ruptura del cilindro.						
160.2. Sobrellenado de cilindros al utilizar una báscula que no cumple con la capacidad y la graduación máxima para el peso del producto requerido.	160.2.1. Sobrellenado y ruptura de cilindro.	160.2.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros de dióxido de carbono.	1	1	1	160.2.1.1. Utilizar báscula que cumpla con las especificaciones del estándar G03.120 Especificaciones de básculas de cilindros.		

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales
 Nodo: (14) Línea bomba P-01CO2 a llenado de cilindros
 Dibujo: Lámina IQ-009
 Parámetro: Velocidad

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Menos	161. Baja velocidad	161.1. Sin riesgo para la operación, debido a que no hay un riesgo asociado para el dióxido de carbono a baja velocidad.	161.1.1. Sin riesgo para la operación.	161.1.1.1. Sin riesgo para la operación.	5	5	4	
Más	162. Alta velocidad	162.1. Llenado rápido de cilindros con capacidad menor a 6 kg de producto.	162.1.1. Sobrellenado y ruptura del cilindro.	162.1.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros de dióxido de carbono.	1	1	1	162.1.1.1. Implementar llenado por trasvase para cilindros de dióxido de carbono con capacidad menor de 6 kg. 162.1.1.2. Utilizar báscula que cumpla con las especificaciones del estándar G03.120 Especificaciones de básculas de cilindros. 162.1.1.3. Actualizar parámetro crítico de operación: Sobre llenado en cilindros de CO2.

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales
 Nodo: (15) Panel de venteo y vacío de cilindros de CO₂ (línea de venteo)
 Dibujo: Lámina IQ-009
 Parámetro: Flujo

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
No	163. No flujo	163.1. Válvula V44CO2 cerrada.	163.1.1. <ul style="list-style-type: none"> No venteo de cilindros. Posible contaminación de cilindros. 	163.1.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros de dióxido de carbono. 163.1.1.2. PI06CO2.	4	4	4	
		163.2. Válvulas V38CO2, V39CO2, V40CO2, V41CO2, V42CO2, V43CO2 cerradas.	163.2.1. <ul style="list-style-type: none"> No venteo de cilindros. Posible contaminación de cilindros. 	163.2.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros de dióxido de carbono. 163.2.1.2. PI06CO2.	4	4	4	
		163.3. Válvulas de los cilindros cerradas.	163.3.1. <ul style="list-style-type: none"> No venteo de cilindros. Posible contaminación de cilindros. 	163.2.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros de dióxido de carbono. 163.2.1.2. PI06CO2.	4	4	4	
		163.4. Cilindros sin presión residual.	163.4.1. Sin consecuencia para la operación, el proceso de venteo tiene como objetivo despresurizar completamente los cilindros, por lo que si el cilindro no tiene presión es idóneo para esta etapa.	163.4.1.1. Sin consecuencia para la operación.	5	5	4	
Menos	164. Menos flujo	164.1. Válvula V44CO2 parcialmente abierta.	164.1.1. Ciclo de venteo de cilindros lento.	164.1.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros de dióxido de carbono. 164.1.1.2. PI06CO2.	4	4	4	
		164.2. Válvulas V38CO2, V39CO2, V40CO2, V41CO2, V42CO2, V43CO2 parcialmente abiertas.	164.2.1. Ciclo de venteo de cilindros lento.	164.2.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros de dióxido de carbono. 164.2.1.2. PI06CO2.	4	4	4	
		164.3. Válvulas de los cilindros parcialmente abiertas.	164.3.1. Ciclo de venteo de cilindros lento.	164.3.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros de dióxido de carbono. 164.4.1.2. PI06CO2.	4	4	4	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales
 Nodo: (15) Panel de venteo y vacío de cilindros de CO₂ (línea de venteo)
 Dibujo: Lámina IQ-009
 Parámetro: Flujo

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Más	165. Mas flujo	165.1. Venteo de cilindros llenos.	165.1.1. Pérdida de producto.	165.1.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros de dióxido de carbono.	4	4	4	
Otro que	166. Flujo mal direccionado	166.1. Válvula V46CO2 abierta.	166.1.1. Daño a la bomba de vacío RPV-01CO2.	166.1.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros de dióxido de carbono. 166.1.1.2. PI07CO2. 166.1.1.3. Válvula de retención Y03CO2.	2	2	2	166.1.1.1. Modificar el arreglo de la válvula de retención Y03CO2 de acuerdo al estándar G03.250 Sistemas de evacuación de cilindros. 166.1.1.2. Reemplazo de la válvula de retención existente por la aprobada de acuerdo al estándar G03.250 Sistemas de evacuación de cilindros

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales
 Nodo: (15) Panel de venteo y vacío de cilindros de CO₂ (línea de venteo)
 Dibujo: Lámina IQ-009
 Parámetro: Temperatura

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Menos	167. Baja temperatura	167.1. Sin riesgo para la operación, el dióxido de carbono gas se encuentra a temperatura ambiente, por lo tanto no hay una etapa en este proceso que haga disminuir la temperatura a un nivel crítico.	167.1.1. Sin riesgo para el proceso.	167.1.1.1. Sin riesgo para el proceso.	5	5	4	
Más	168. Alta temperatura	168.1. Líquido entrampado al ventear cilindros con tubo eductor entre válvula del cilindro, V44CO ₂ , V46CO ₂ .	168.1.1. <ul style="list-style-type: none"> • Sobrepresurización. • Ruptura de tubería. 	168.1.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros de dióxido de carbono.	1	4	2	168.1.1.1. Instalar válvula de seguridad (PRV) en panel de venteo y vacío.

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales
 Nodo: (15) Panel de venteo y vacío de cilindros de CO₂ (línea de venteo)
 Dibujo: Lámina IQ-009
 Parámetro: Presión

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Menos	169. Baja presión	169.1. Válvula V44CO2 cerrada.	169.1.1. Igual a 163.1.1.		4	4	4	
		169.2. Válvulas V38CO2, V39CO2, V40CO2, V41CO2, V42CO2, V43CO2 cerradas.	169.2.1. Igual a 163.2.1.		4	4	4	
		169.3. Válvulas de los cilindros cerradas.	169.3.1. Igual a 163.3.1.		4	4	4	
		169.4. Cilindros sin presión residual.	169.4.1. Igual a 163.4.1.		5	5	4	
		169.5. Válvula V45CO2.	169.5.1. <ul style="list-style-type: none"> • No indicación de la presión en la línea. • Posible presurización de la línea no detectada. 	169.5.1.1. PI06CO2.	2	4	3	
Más	170. Alta presión	170.1. Venteo de cilindros llenos.	170.1.1. Igual a 165.1.1.		4	4	4	
		170.2. Líquido entrampado al ventear cilindros con tubo eductor entre válvula del cilindro, V44CO2, V46CO2.	170.2.1. Igual a 168.1.1.		1	4	2	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales
 Nodo: (15) Panel de venteo y vacío de cilindros de CO₂ (línea de venteo)
 Dibujo: Lámina IQ-009
 Parámetro: Velocidad

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Menos	171. Baja velocidad	171.1. Sin riesgo para la operación, debido a que no hay un riesgo asociado para el dióxido de carbono a baja velocidad.	171.1.1. Sin riesgo para la operación.	171.1.1.1. Sin riesgo para la operación.	5	5	4	
Más	172. Alta velocidad	172.1. Sin riesgo para la operación, debido a que no hay un riesgo asociado para el dióxido de carbono a alta velocidad.	172.1.1. Sin riesgo para la operación.	172.1.1.1. Sin riesgo para la operación.	5	5	4	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales
 Nodo: (16) Panel de venteo y vacío de cilindros de CO₂ (línea de vacío)
 Dibujo: Lámina IQ-009
 Parámetro: Flujo

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
No	173. No flujo	173.1. Válvula V46CO2 cerrada.	173.1.1. <ul style="list-style-type: none"> No vacío a los cilindros. Posible contaminación de cilindros. 	173.1.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros de dióxido de carbono. 173.1.1.2. PI07CO2.	4	4	4	
		173.2. Válvulas V38CO2, V39CO2, V40CO2, V41CO2, V42CO2, V43CO2 cerradas.	173.2.1. <ul style="list-style-type: none"> No vacío a los cilindros. Posible contaminación de cilindros. 	173.2.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros de dióxido de carbono. 173.2.1.2. PI07CO2.	4	4	4	
		173.3. Válvulas de los cilindros cerradas.	173.3.1. <ul style="list-style-type: none"> No vacío a los cilindros. Posible contaminación de cilindros. 	173.3.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros de dióxido de carbono. 173.3.1.2. PI07CO2.	4	4	4	
Menos	174. Menos flujo	174.1. Válvula V46CO2 parcialmente abierta.	174.1.1. Ciclo de vacío de cilindros lento.	174.1.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros de dióxido de carbono. 174.1.1.2. PI07CO2.	4	4	4	
		174.2. Válvulas V38CO2, V39CO2, V40CO2, V41CO2, V42CO2, V43CO2 parcialmente abiertas.	174.2.1. Ciclo de vacío de cilindros lento.	174.2.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros de dióxido de carbono. 174.2.1.2. PI07CO2.	4	4	4	
		174.3. Válvulas de los cilindros parcialmente abiertas.	174.3.1. Ciclo de vacío de cilindros lento.	174.3.1.1. Procedimiento de llenado de cilindros de dióxido de carbono. 174.3.1.2. PI07CO2.	4	4	4	
Más	175. Mas flujo	175.1. Los cilindros no se ventearon por completo.	175.1.1. Daño a la bomba de vacío RPV-01CO2.	175.1.1.1. PI07CO2 175.1.1.2. Válvula de retención Y03CO2. 175.1.1.3. Procedimiento de llenado de cilindros de dióxido de carbono.	2	2	2	175.1.1.1. Modificar el arreglo de la válvula retención Y03CO2 de acuerdo al estándar G03.250 Sistemas de evacuación de cilindros. 175.1.1.2. Reemplazo de la válvula retención existente por la aprobada de acuerdo al estándar G03.250 Sistemas de evacuación de cilindros.

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales
 Nodo: (16) Panel de venteo y vacío de cilindros de CO₂ (línea de vacío)
 Dibujo: Lámina IQ-009
 Parámetro: Temperatura

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Menos	176. Baja temperatura	176.1. Sin riesgo para la operación, el dióxido de carbono gas se encuentra a temperatura ambiente, por lo tanto no hay una etapa en este proceso que haga disminuir la temperatura a un nivel crítico.	176.1.1. Sin riesgo para el proceso.	176.1.1.1. Sin riesgo para el proceso.	5	5	4	
Más	177. Alta temperatura	177.1. Escenario poco probable, durante el proceso de vacío la temperatura del dióxido de carbono se mantiene constante (temperatura ambiente), por lo que no hay riesgo de alcanzar altas temperaturas en esta etapa.	177.1.1. Escenario poco probable.	177.1.1.1. Escenario poco probable.	5	5	4	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales
 Nodo: (16) Panel de venteo y vacío de cilindros de CO₂ (línea de vacío)
 Dibujo: Lámina IQ-009
 Parámetro: Presión

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Menos	178. Baja presión	178.1. Sin riesgo para la operación, el proceso de vacío tiene como objetivo despresurizar completamente los cilindros, por lo que una baja presión es idóneo para esta etapa.	178.1.1. Sin riesgo para la operación.	178.1.1.1. Sin riesgo para la operación.	5	5	4	
Más	179. Alta presión	179.1. Los cilindros no se ventearon por completo.	179.1.1. Igual a 175.1.1.		2	2	2	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales
 Nodo: (16) Panel de venteo y vacío de cilindros de CO₂ (línea de vacío)
 Dibujo: Lámina IQ-009
 Parámetro: Nivel

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Menos	180. Bajo nivel	180.1. Bajo nivel de aceite en la bomba de vacío por la no reposición de aceite en bomba de vacío RPV-01CO ₂ .	180.1.1. Daño a la bomba de vacío RPV-01CO ₂ .	180.1.1.1. Programa de mantenimiento.	2	4	3	180.1.1.1. Incluir en el procedimiento de llenado de cilindros de dióxido de carbono la inspección al inicio del turno del nivel de aceite de la bomba de vacío.
				180.1.1.2. Indicador de nivel de aceite.				
Mas	181. Alto nivel	181.1. Alto nivel de aceite en la bomba de vacío por sobrellenado de aceite en bomba de vacío RPV-01CO ₂ .	181.1.1. <ul style="list-style-type: none"> • Venteos contaminados con aceite. • Problema de inocuidad. 	181.1.1.1. Programa de mantenimiento.	4	4	4	181.1.1.1. Incluir en el procedimiento de llenado de cilindros de dióxido de carbono la inspección al inicio del turno del nivel de aceite de la bomba de vacío.

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales
 Nodo: (16) Panel de venteo y vacío de cilindros de CO₂ (línea de vacío)
 Dibujo: Lámina IQ-009
 Parámetro: Velocidad

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Menos	182. Baja velocidad	182.1. Sin riesgo para la operación, debido a que no hay un riesgo asociado para el dióxido de carbono a baja velocidad.	182.1.1. Sin riesgo para la operación.	182.1.1.1. Sin riesgo para la operación.	5	5	4	
Más	183. Alta velocidad	183.1. Sin riesgo para la operación, debido a que no hay un riesgo asociado para el dióxido de carbono a alta velocidad.	183.1.1. Sin riesgo para la operación.	183.1.1.1. Sin riesgo para la operación.	5	5	4	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales

Nodo: (17) Línea de análisis de CO₂

Dibujo: Lámina IQ-007

Parámetro: Flujo

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
No	184. No flujo	184.1. Válvula de muestreo del PGS y/o isocontenedor cerrada.	184.1.1. PGS o pipa no analizado (posible producto fuera de especificación).	184.1.1.1. Procedimiento de análisis de PGS's e isocontenedores de dióxido de carbono. 184.1.1.2. PCV02CO2.	4	4	4	
		184.2. Válvula V12CO2 en posición cerrada.	184.2.1. PGS o pipa no analizado (posible producto fuera de especificación).	184.2.1.1. Procedimiento de análisis de PGS's e isocontenedores de dióxido de carbono. 184.2.1.2. PCV02CO2.	4	4	4	
		184.3. Válvula selectora V13CO2 en posición equivocada.	184.3.1. PGS o pipa no analizado (posible producto fuera de especificación).	184.3.1.1. Procedimiento de análisis de PGS's e isocontenedores de dióxido de carbono. 184.3.1.2. PCV02CO2.	4	4	4	
		184.4. Regulador PCV02CO2 cerrado.	184.4.1. PGS o pipa no analizado (posible producto fuera de especificación).	184.4.1.1. Procedimiento de análisis de PGS's e isocontenedores de dióxido de carbono.	4	4	4	
Menos	185. Menos flujo	185.1. Válvula de muestreo del PGS y/o isocontenedor parcialmente abierta.	185.1.1. Análisis lento del PGS o contenedor.	185.1.1.1. Procedimiento de análisis de PGS's e isocontenedores de dióxido de carbono. 185.1.1.2. PCV02CO2.	4	4	4	
		185.2. Válvula V12CO2 abierta parcialmente.	185.2.1. Análisis lento del PGS o contenedor.	185.2.1.1. Procedimiento de análisis de PGS's e isocontenedores de dióxido de carbono. 185.2.1.2. PCV02CO2.	4	4	4	
		185.3. Regulador PCV02CO2 abierto parcialmente.	185.3.1. Análisis lento del PGS o contenedor.	185.3.1.1. Procedimiento de análisis de PGS's e isocontenedores de dióxido de carbono.	4	4	4	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales

Nodo: (17) Línea de análisis de CO₂

Dibujo: Lámina IQ-007

Parámetro: Flujo

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Más	186. Mas flujo	186.1. Regulador PCV02CO2 abierto al máximo.	186.1.1. Daño al analizador.	186.1.1.1. Procedimiento de análisis de PGS's e isocontenedores de dióxido de carbono.	2	4	3	
				186.1.1.2. PSV02CO2.				
				186.1.1.3. Válvula de seguridad del analizador.				
		186.2. Regulador PCV02CO2 abierto al máximo por falla mecánica.	186.2.1. Daño al analizador.	186.2.1.1. Programa de mantenimiento.	2	4	3	
186.2.1.2. PSV02CO2.								
186.2.1.3. Válvula de seguridad del analizador.								
186.2.1.4. Válvula de diafragma de relevo de presión del regulador.								

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales

Nodo: (17) Línea de análisis de CO₂

Dibujo: Lámina IQ-007

Parámetro: Temperatura

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Menos	187. Baja temperatura	187.1. Sin riesgo para la operación, el dióxido de carbono gas se encuentra a temperatura ambiente, por lo tanto no hay una etapa en este proceso que haga disminuir la temperatura a un nivel crítico.	187.1.1. Sin riesgo para el proceso.	187.1.1.1. Sin riesgo para el proceso.	5	5	4	
Más	188. Alta temperatura	188.1. Escenario poco probable, durante el proceso de análisis la temperatura del dióxido de carbono se mantiene constante (temperatura ambiente), por lo que no hay riesgo de alcanzar altas temperaturas en esta etapa.	188.1.1. Escenario poco probable.	188.1.1.1. Escenario poco probable.	5	5	4	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales

Nodo: (17) Línea de análisis de CO₂

Dibujo: Lámina IQ-007

Parámetro: Presión

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Menos	189. Baja presión	189.1. Válvula de muestreo del PGS y/o isocontenedor cerrada.	189.1.1. Igual a 184.1.1.		4	4	4	
		189.2. Válvula V12CO2 en posición cerrada.	189.2.1. Igual a 184.2.1.		4	4	4	
		189.3. Válvula selectora V13CO2 en posición equivocada.	189.3.1. Igual a 184.3.1.		4	4	4	
		189.4. Regulador PCV02CO2 cerrado.	189.4.1. Igual a 184.4.1.		4	4	4	
Más	190. Alta presión	190.1. Regulador PCV02CO2 abierto al máximo.	190.1.1. Igual a 186.1.1.		2	4	3	
		190.2. Regulador PCV02CO2 abierto al máximo por falla mecánica.	190.2.1. Igual a 186.2.1.		2	4	3	

Compañía: Empresa productora de gases industriales y medicinales

Nodo: (17) Línea de análisis de CO₂

Dibujo: Lámina IQ-007

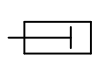
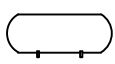



Parámetro: Velocidad

Palabra Guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Severidad	Frecuencia	Riesgo	Recomendaciones
Menos	191. Baja velocidad	191.1. Sin riesgo para la operación, debido a que no hay un riesgo asociado para el dióxido de carbono a baja velocidad.	191.1.1. Sin riesgo para la operación.	191.1.1.1. Sin riesgo para la operación.	5	5	4	
Más	192. Alta velocidad	192.1. Sin riesgo para la operación, debido a que no hay un riesgo asociado para el dióxido de carbono a alta velocidad.	192.1.1. Sin riesgo para la operación.	192.1.1.1. Sin riesgo para la operación.	5	5	4	















Anexo 2. P&ID's del proceso de envasado de los productos oxígeno y dióxido de carbono en una empresa productora de gases industriales y medicinales

NOMENCLATURA


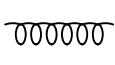








EQUIPOS

P	V	V	VP	Y
Bomba de llenado	Tanque horizontal	Tanque vertical	Bomba de vacío	Evaporador
				





VÁLVULAS

Actuador	PSE	PCV	PCV	Selenoide	Y	V
						
V	V	V	V	PRV	PSV	V
						

OTROS

Conexión de manguera	Espiral	Hacia/desde	Purga	FH Manguera
				
FH Manguera flexible	Reductor	Rotámetro con válvula de entrada	STR	Tubería aislada
				

INSTUMENTACIÓN GENERAL

Localización primaria accesible a operador	Colocado en campo	Monitor / control Localización primaria accesible a operador	Monitor / control Colocado en campo
			

ACCIONES DE VÁLVULAS AUTOMÁTICAS

FC - Falla cerrada
FA - Falla abierta

INSTRUMENT GAS SUPPLY

S₂ → Regulado (20 psig o menor)

CÓDIGO DE LEYENDA DEL INSTRUMENTO

Significado de las letras de identificación

Primera letra		Letras subsiguientes		
Variable medida o indicada	Modificador	Función pasiva	Función de salida	Modificador
A	Análisis	Alarma		
B	Quemador, combustión	Definida por el usuario	Definida por el usuario	Definida por el usuario
C	Definida por el usuario		Control	
D	Definida por el usuario	Diferencial		
E	Voltaje		Sensor	
F	Tasa de flujo	Porporción		
G	Definida por el usuario		Cristal, dispositivo de visualización	
H	Manual			Alto
I	Corriente (eléctrica)		Indicador	
J	Potencia	Escanera		
K	Tiempo	Tiempo de cambio		Estación de control
L	Nivel		Iluminar	Bajo
M	Definida por el usuario	Momentáneo		Medio, intermedio
N	Definida por el usuario			
O	Definida por el usuario		Restricción	
P	Presión, vacío		Punto de conexión	
Q	Cantidad	Integrar, totalizar		
R	Radiación		Registro	
S	Velocidad, frecuencia	Seguridad		Interruptor
T	Temperatura		TRANSMIT	
U	Multivariable		Multifunción	Multifunción
V	Vibración			Válvula, apagador
W	Peso			
X	Definida por el usuario	Eje X		
Y	Estado	Eje Y		Relé, calcular convertir
Z	Posición	Eje Z		Dirigir, accionar

Nota: Interruptores con las letras LL y HH son usados para designar paros de equipos

PROYECTO:
PLANTA DE LLENADO DE GASES

PROPIETARIO:
EMPRESA PRODUCTORA DE GASES INDUSTRIALES Y MEDICINALES

PROVINCIA	CANTON	DISTRITO
ALAHELA	ALAHELA	ALAHELA

DIBUJO: ALEJANDRO CÉSPEDES OREAMUNO

PROFESIONAL RESPONSABLE
NOMBRE: ALEJANDRO CÉSPEDES OREAMUNO

FIRMA: _____ No. Reg.: SIN REGISTRO

PROFESIONAL RESPONSABLE DIRECCIÓN TÉCNICA
NOMBRE: ALEJANDRO CÉSPEDES OREAMUNO

FIRMA: _____ No. Reg.: SIN REGISTRO

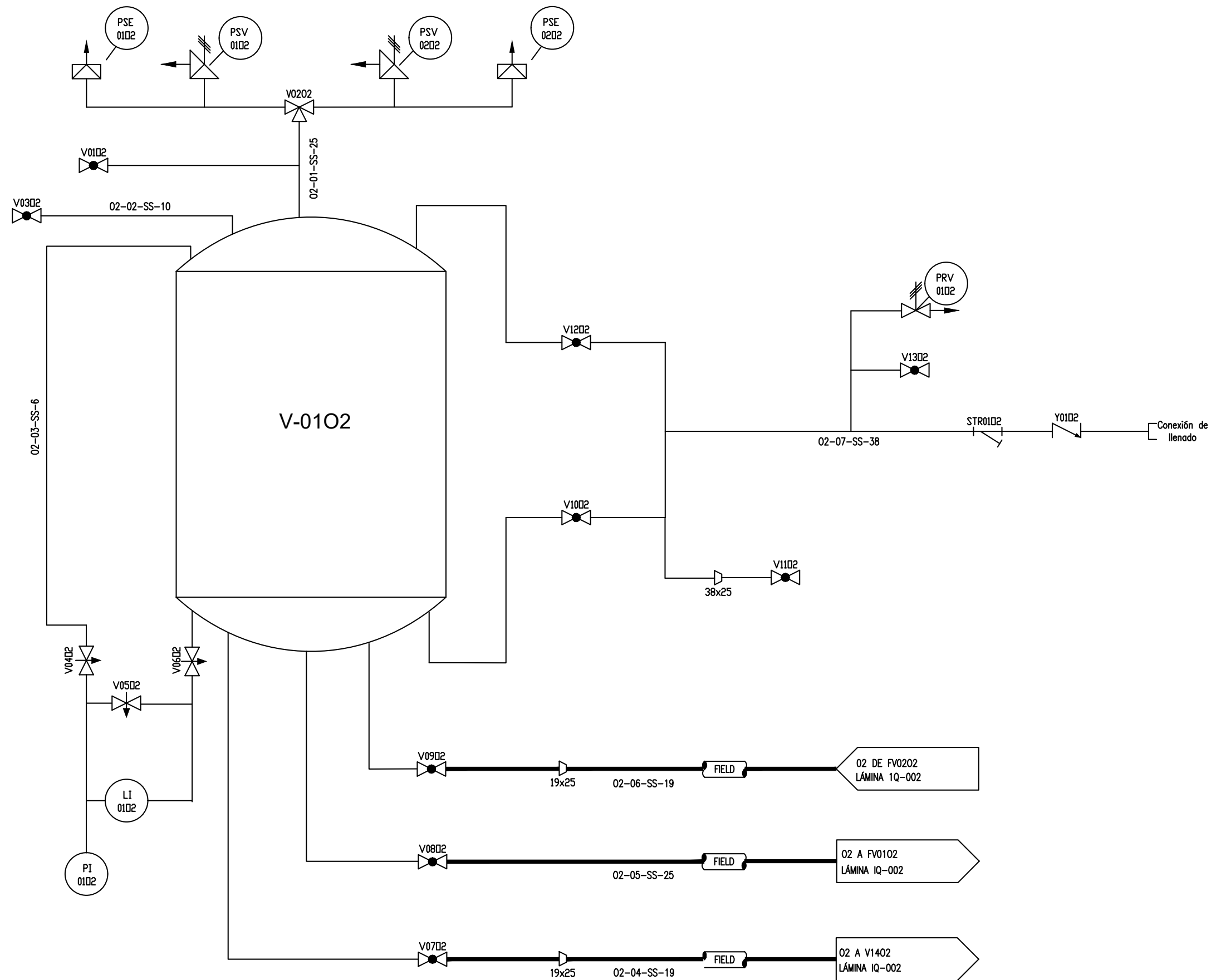
INFORMACION REGISTRO PUBLICO

PROPIETARIO: Información confidencial
CATASTRO: Información confidencial
FOLIO REAL: Información confidencial

CONTENIDO:
NOMENCLATURA

ESCALA	FECHA	LAMINA
Sin escala	01/07/2017	IQ-000

P&ID TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE OXÍGENO



PROYECTO.
P&ID TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE OXÍGENO

PROPIETARIO.
EMPRESA PRODUCTORA DE GASES INDUSTRIALES Y MEDICINALES

PROVINCIA	CANTÓN	DISTRITO
ALAJUELA	ALAJUELA	ALAJUELA

DIBUJO: ALEJANDRO CÉSPEDES OREAMUNO

PROFESIONAL RESPONSABLE
NOMBRE: ALEJANDRO CÉSPEDES OREAMUNO

FIRMA: _____ No. Reg.: SIN REGISTRO

PROFESIONAL RESPONSABLE DIRECCIÓN TÉCNICA
NOMBRE: ALEJANDRO CÉSPEDES OREAMUNO

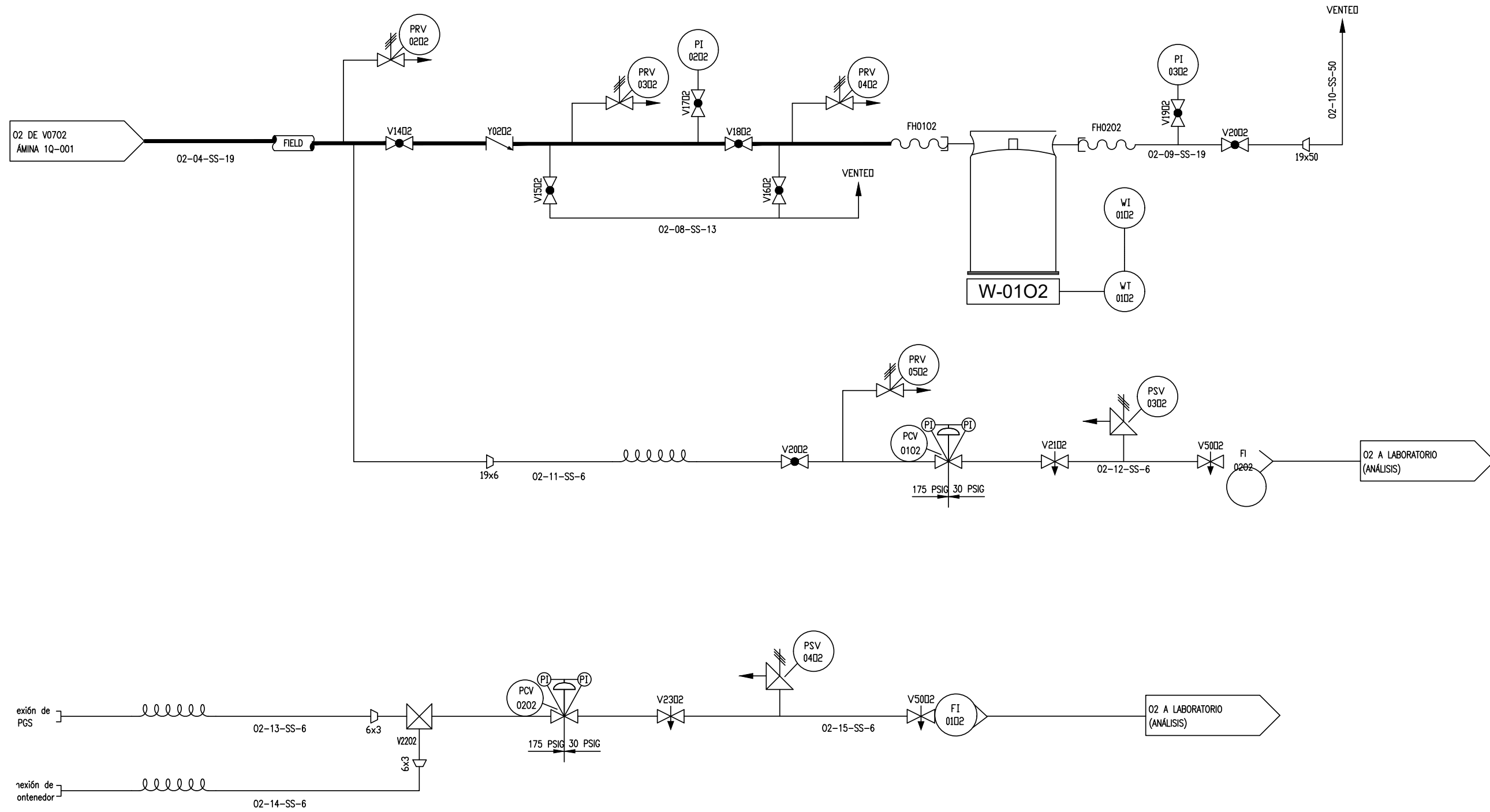
FIRMA: _____ No. Reg.: SIN REGISTRO

INFORMACION REGISTRO PUBLICO
PROPIETARIO: Información confidencial
CATASTRO: Información confidencial
FOLIO REAL: Información confidencial

CONTENIDO:
P&ID TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE OXÍGENO

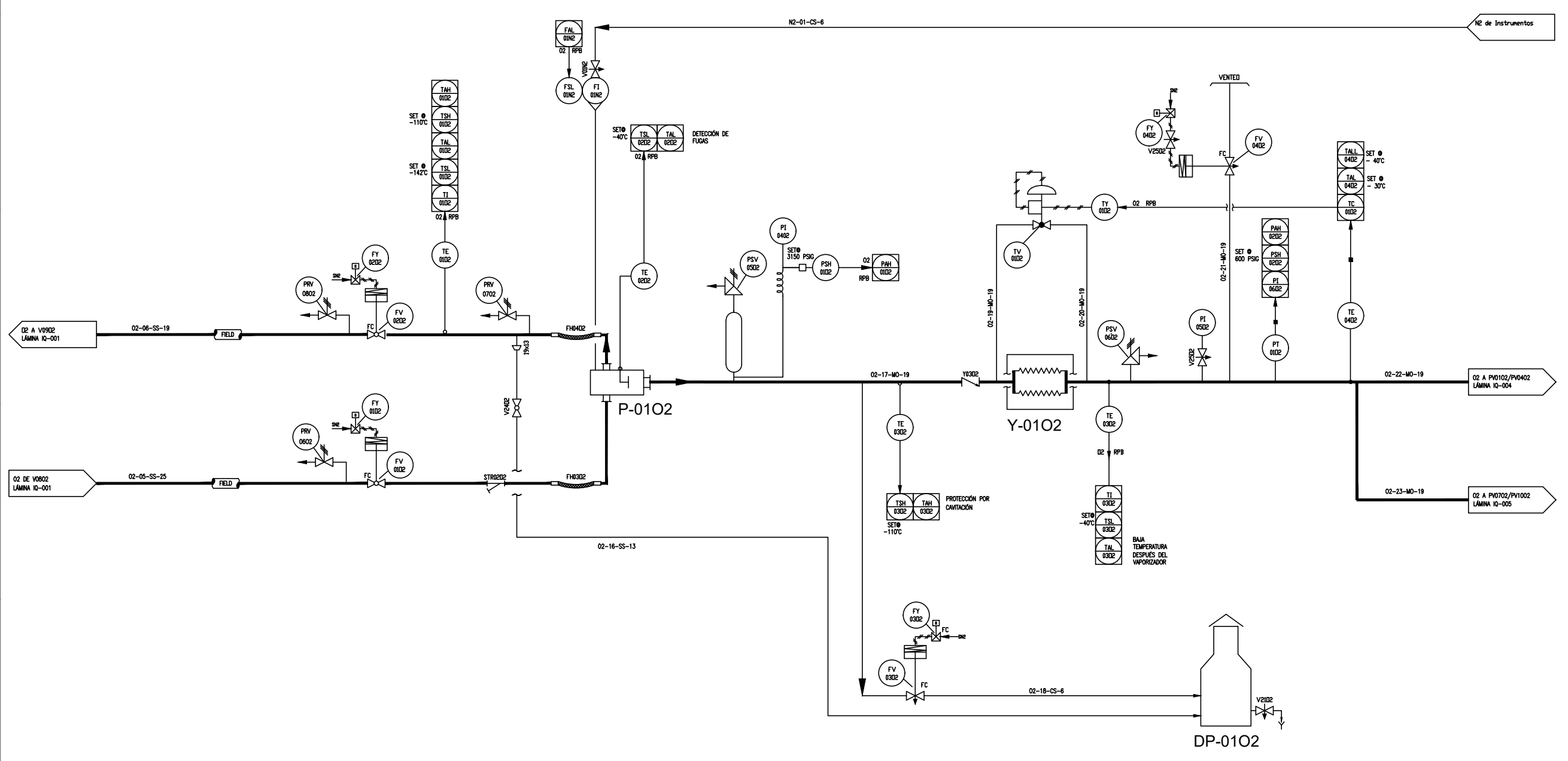
ESCALA	FECHA	LÁMINA
Sin escala	01/07/2017	IQ-001

P&ID LLENADO DE PGS'S DE OXÍGENO



PROYECTO.		
PLANTA DE LLENADO DE GASES		
PROPIETARIO.		
EMPRESA PRODUCTORA DE GASES INDUSTRIALES Y MEDICINALES		
PROVINCIA	CANTON	DISTRITO
ALAJUELA	ALAJUELA	ALAJUELA
DIBUJO: ALEJANDRO CÉSPEDES OREAMUNO		
PROFESIONAL RESPONSABLE		
NOMBRE: ALEJANDRO CÉSPEDES OREAMUNO		
FIRMA:	No. Reg.:	SIN REGISTRO
PROFESIONAL RESPONSABLE DIRECCIÓN TÉCNICA		
NOMBRE: ALEJANDRO CÉSPEDES OREAMUNO		
FIRMA:	No. Reg.:	SIN REGISTRO
INFORMACION REGISTRO PUBLICO		
PROPIETARIO:	Información confidencial	
# CATASTRO:	Información confidencial	
FOLIO REAL:	Información confidencial	
CONTENIDO:		
P&ID LLENADO DE PGS'S DE OXÍGENO		
ESCALA	FECHA	LAMINA
Sin escala	01/07/2017	IQ-002

P&ID BOMBA DE LLENADO DE CILINDROS DE OXÍGENO



PROYECTO.
PLANTA DE LLENADO DE GASES

PROPIETARIO.
**EMPRESA PRODUCTORA DE GASES
INDUSTRIALES Y MEDICINALES**

PROVINCIA	CANTON	DISTRITO
ALAJUELA	ALAJUELA	ALAJUELA

DIBUJO: ALEJANDRO CÉSPEDES OREAMUNO

PROFESIONAL RESPONSABLE
NOMBRE: ALEJANDRO CÉSPEDES OREAMUNO

FIRMA: _____ No. Reg.: SIN REGISTRO

PROFESIONAL RESPONSABLE DIRECCIÓN TÉCNICA
NOMBRE: ALEJANDRO CÉSPEDES OREAMUNO

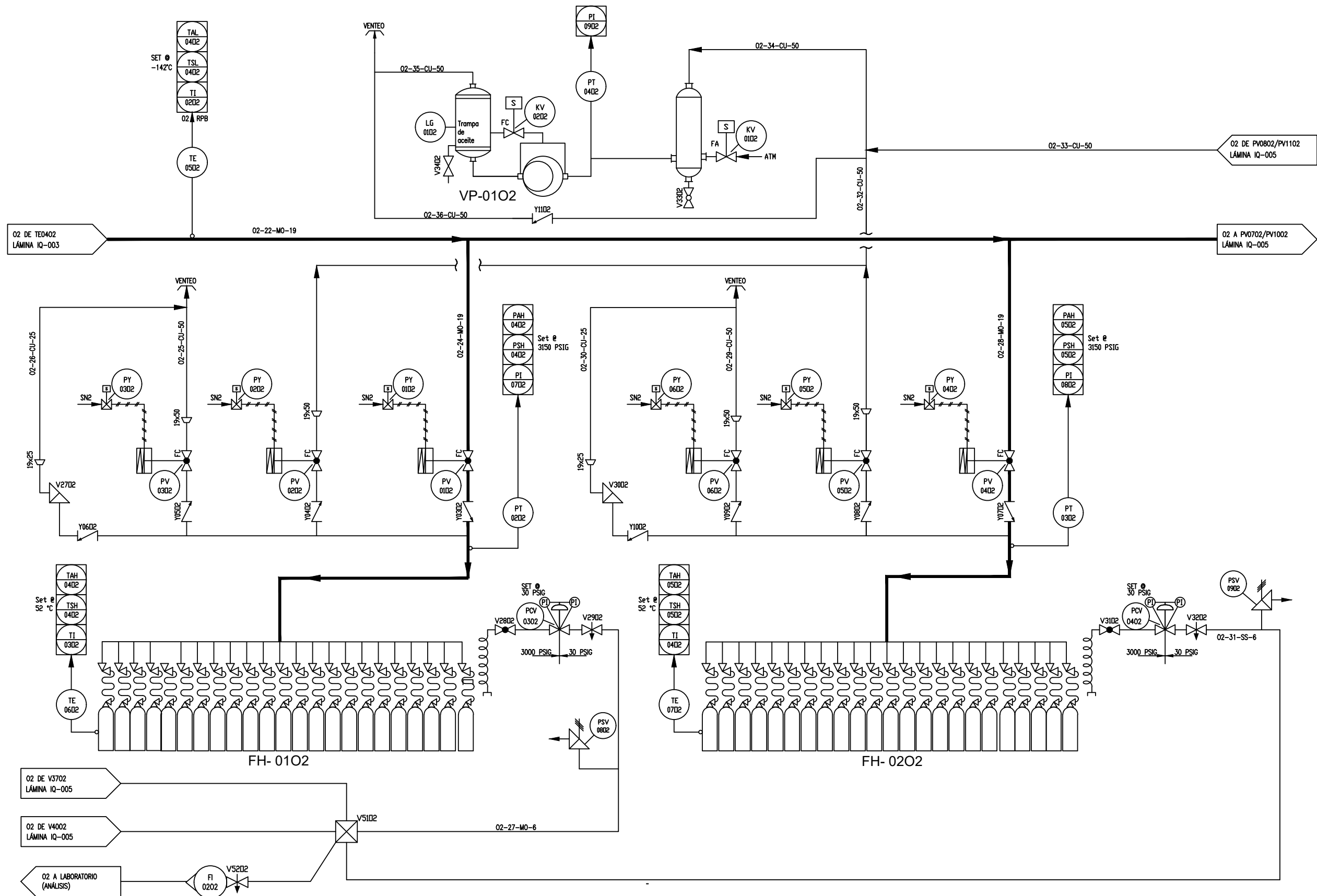
FIRMA: _____ No. Reg.: SIN REGISTRO

INFORMACION REGISTRO PUBLICO
PROPIETARIO: Información confidencial
CATASTRO: Información confidencial
FOLIO REAL: Información confidencial

CONTENIDO:
P&ID BOMBA DE LLENADO DE
CILINDROS DE OXÍGENO

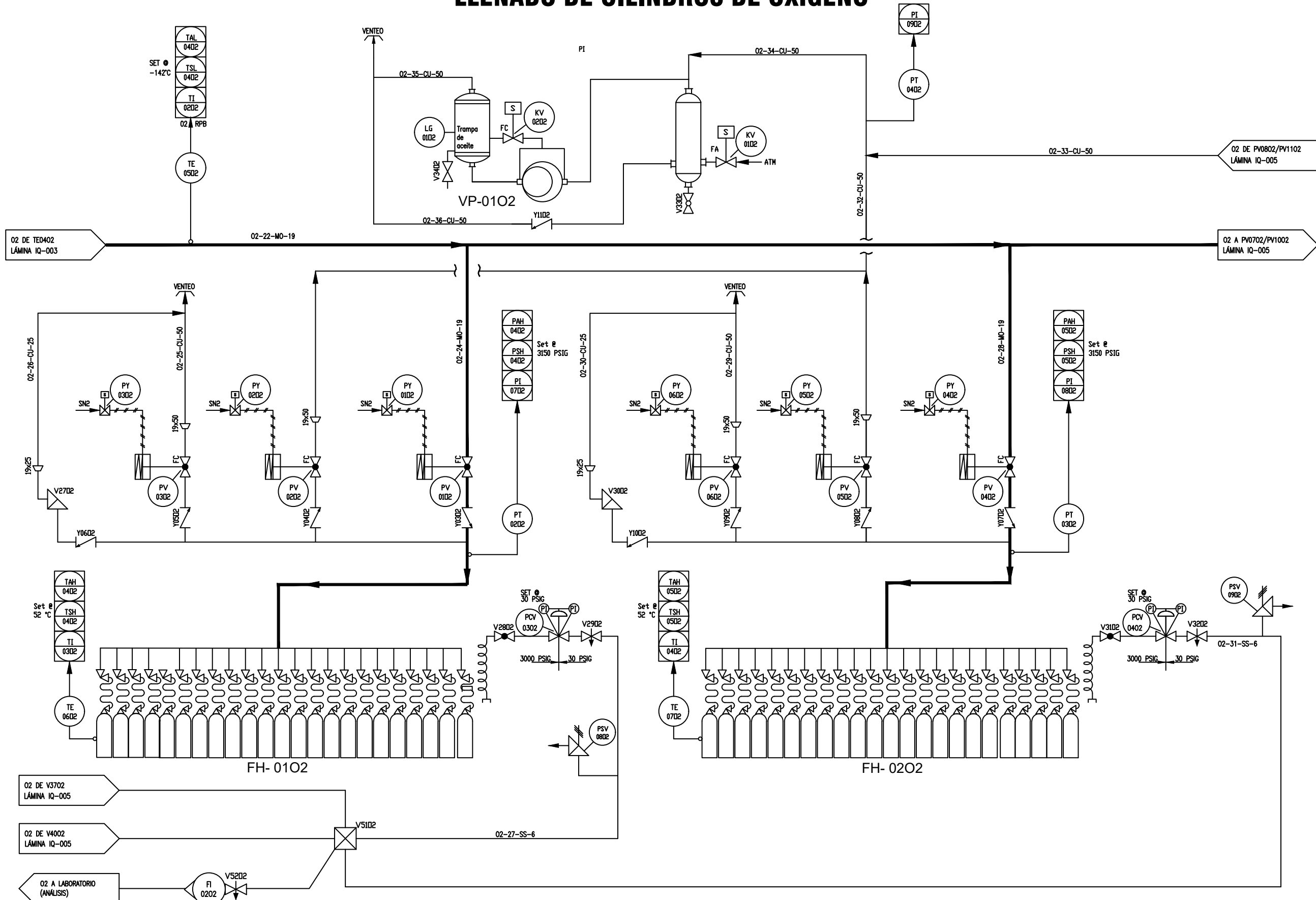
ESCALA	FECHA	LÁMINA
Sin escala	01/07/2017	IQ-003

P&ID PROPUESTO BAHÍAS 1 Y 2 DE LLENADO DE CILINDROS DE OXÍGENO



PROYECTO.		
PLANTA DE LLENADO DE GASES		
PROPIETARIO.		
EMPRESA PRODUCTORA DE GASES INDUSTRIALES Y MEDICINALES		
PROVINCIA	CANTON	DISTRITO
ALAJUELA	ALAJUELA	ALAJUELA
DIBUJO: ALEJANDRO CÉSPEDES OREAMUNO		
PROFESIONAL RESPONSABLE		
NOMBRE: ALEJANDRO CÉSPEDES OREAMUNO		
FIRMA: _____ No. Reg.: SIN REGISTRO		
PROFESIONAL RESPONSABLE DIRECCIÓN TÉCNICA		
NOMBRE: ALEJANDRO CÉSPEDES OREAMUNO		
FIRMA: _____ No. Reg.: SIN REGISTRO		
INFORMACION REGISTRO PUBLICO		
PROPIETARIO: Información confidencial		
# CATASTRO: Información confidencial		
FOLIO REAL: Información confidencial		
CONTENIDO:		
P&ID PROPUESTO BAHÍAS 1 Y 2 DE LLENADO DE CILINDROS DE OXÍGENO		
ESCALA	FECHA	LÁMINA
Sin escala	01/07/2017	IQ-004 Propuesto

P&ID BAHÍAS 1 Y 2 DE LLENADO DE CILINDROS DE OXÍGENO



PROYECTO:
PLANTA DE LLENADO DE GASES

PROPIETARIO:
EMPRESA PRODUCTORA DE GASES INDUSTRIALES Y MEDICINALES

PROVINCIA	CANTON	DISTRITO
ALAJUELA	ALAJUELA	ALAJUELA

DIBUJO: ALEJANDRO CÉSPEDES OREAMUNO

PROFESIONAL RESPONSABLE
NOMBRE: ALEJANDRO CÉSPEDES OREAMUNO

FIRMA: _____ No. Reg.: SIN REGISTRO

PROFESIONAL RESPONSABLE DIRECCIÓN TÉCNICA
NOMBRE: ALEJANDRO CÉSPEDES OREAMUNO

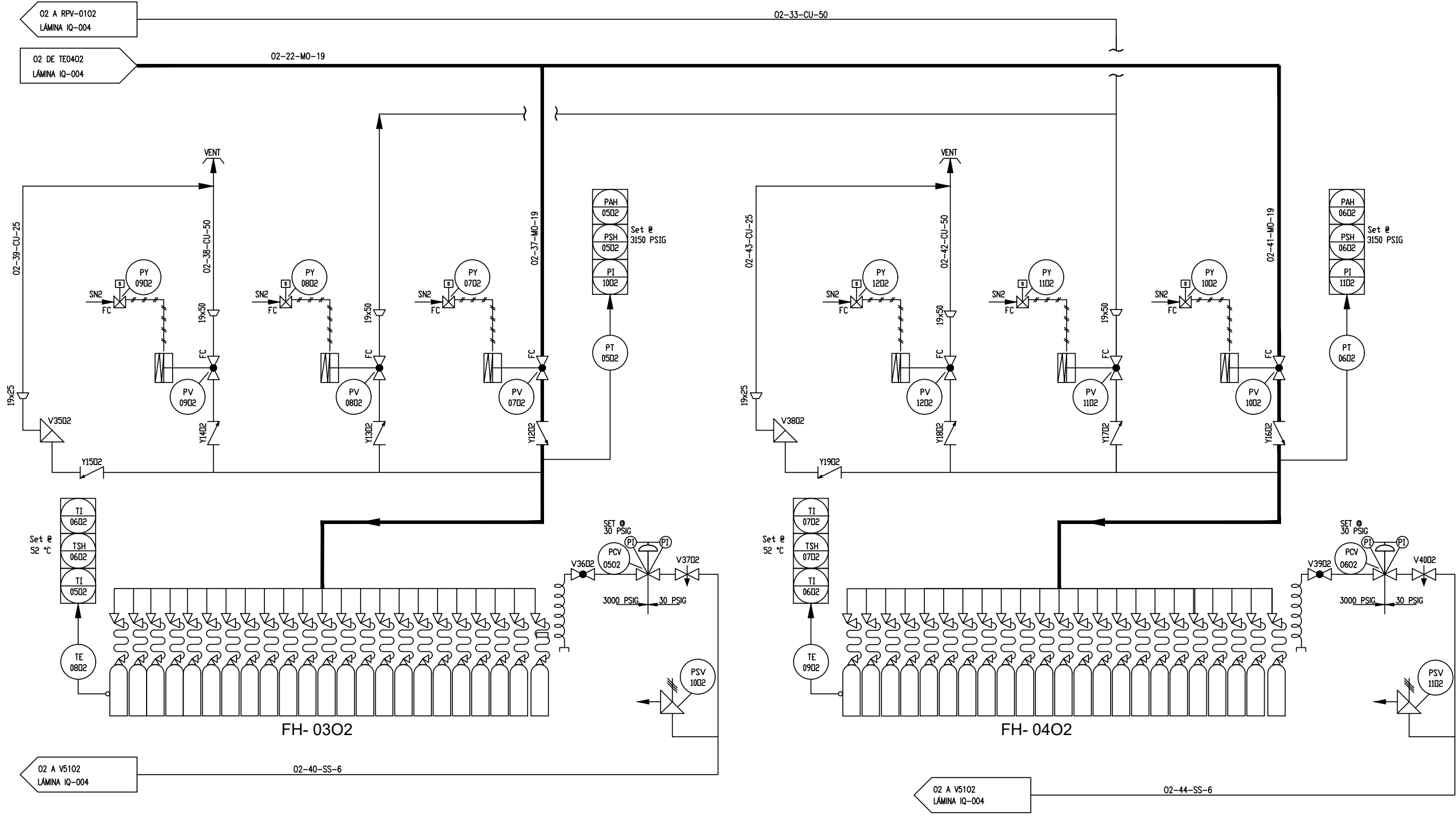
FIRMA: _____ No. Reg.: SIN REGISTRO

INFORMACION REGISTRO PUBLICO
PROPIETARIO: Información confidencial
CATASTRO: Información confidencial
FOLIO REAL: Información confidencial

CONTENIDO:
**P&ID BAHÍAS 1 Y 2 DE
LLENADO DE CILINDROS DE OXÍGENO**

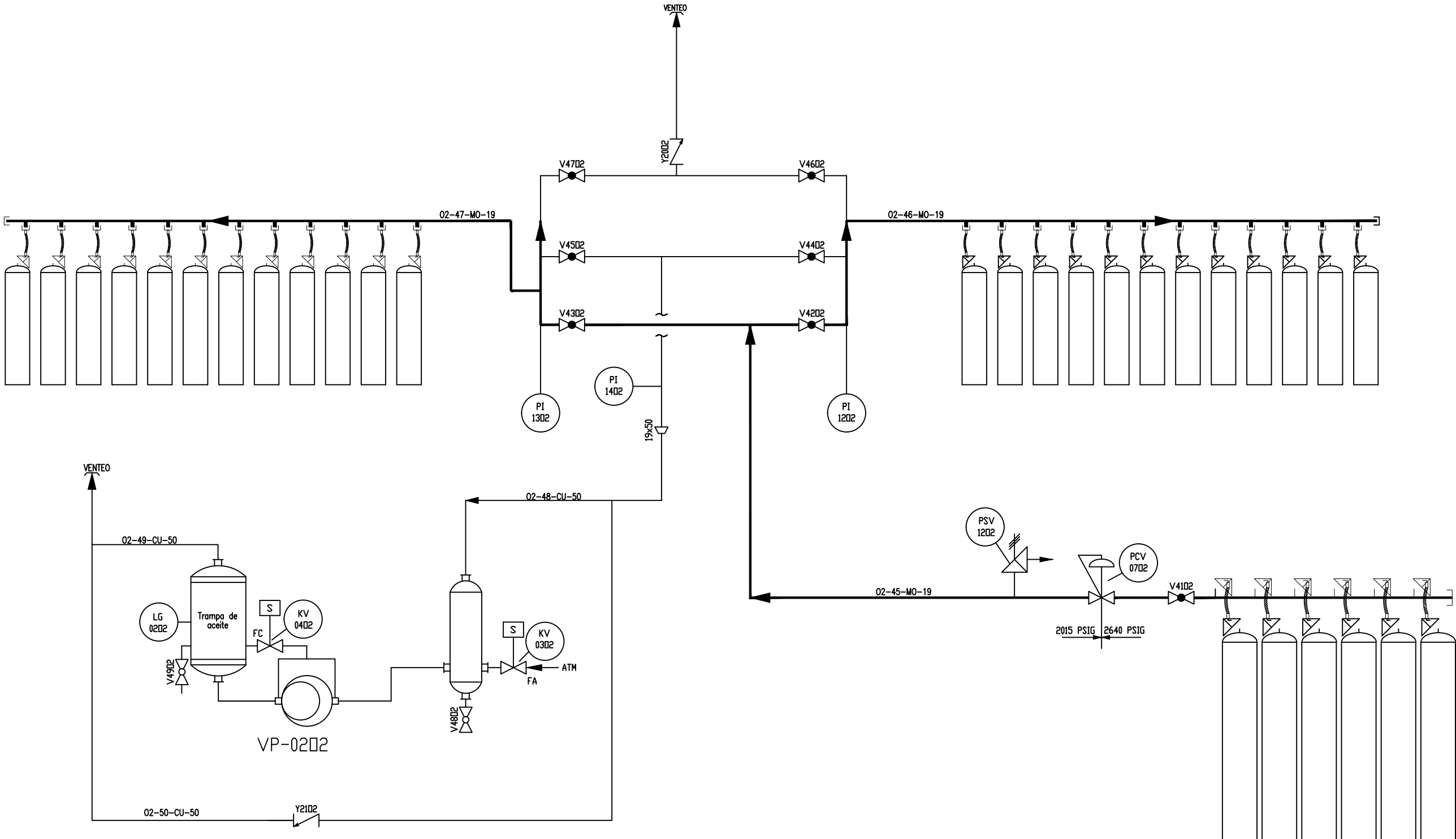
ESCALA	FECHA	LÁMINA
Sin escala	01/07/2017	IQ-004

P&ID BAHÍAS 3 Y 4 DE LLENADO DE CILINDROS DE OXÍGENO



PROYECTO.		
PLANTA DE LLENADO DE GASES		
PROPIETARIO.		
EMPRESA PRODUCTORA DE GASES INDUSTRIALES Y MEDICINALES		
PROVINCIA	CANTON	DISTRITO
ALAJUELA	ALAJUELA	ALAJUELA
DIBUJO: ALEJANDRO CÉSPEDES OREAMUNO		
PROFESIONAL RESPONSABLE		
NOMBRE: ALEJANDRO CÉSPEDES OREAMUNO		
FIRMA:	No. Reg.:	SIN REGISTRO
PROFESIONAL RESPONSABLE DIRECCIÓN TÉCNICA		
NOMBRE: ALEJANDRO CÉSPEDES OREAMUNO		
FIRMA:	No. Reg.:	SIN REGISTRO
INFORMACION REGISTRO PUBLICO		
PROPIETARIO:	Información confidencial	
# CATASTRO:	Información confidencial	
FOLIO REAL:	Información confidencial	
CONTENIDO:		
P&ID BAHÍAS 3 Y 4 DE LLENADO DE CILINDROS DE OXÍGENO		
ESCALA	FECHA	LÁMINA
Sin escala	01/07/2017	IQ-005

P&ID PROPUESTO SISTEMA DE LLENADO DE CILINDROS DE OXÍGENO POR TRASVASE



PROYECTO:
PLANTA DE LLENADO DE GASES

PROPIETARIO:
EMPRESA PRODUCTORA DE GASES INDUSTRIALES Y MEDICINALES

PROVINCIA	CANTON	DISTRITO
ALAJUELA	ALAJUELA	ALAJUELA

DIBUJO: ALEJANDRO CÉSPEDES OREAMUNO

PROFESIONAL RESPONSABLE
NOMBRE: ALEJANDRO CÉSPEDES OREAMUNO

FIRMA: _____ No. Reg.: SIN REGISTRO

PROFESIONAL RESPONSABLE DIRECCIÓN TÉCNICA
NOMBRE: ALEJANDRO CÉSPEDES OREAMUNO

FIRMA: _____ No. Reg.: SIN REGISTRO

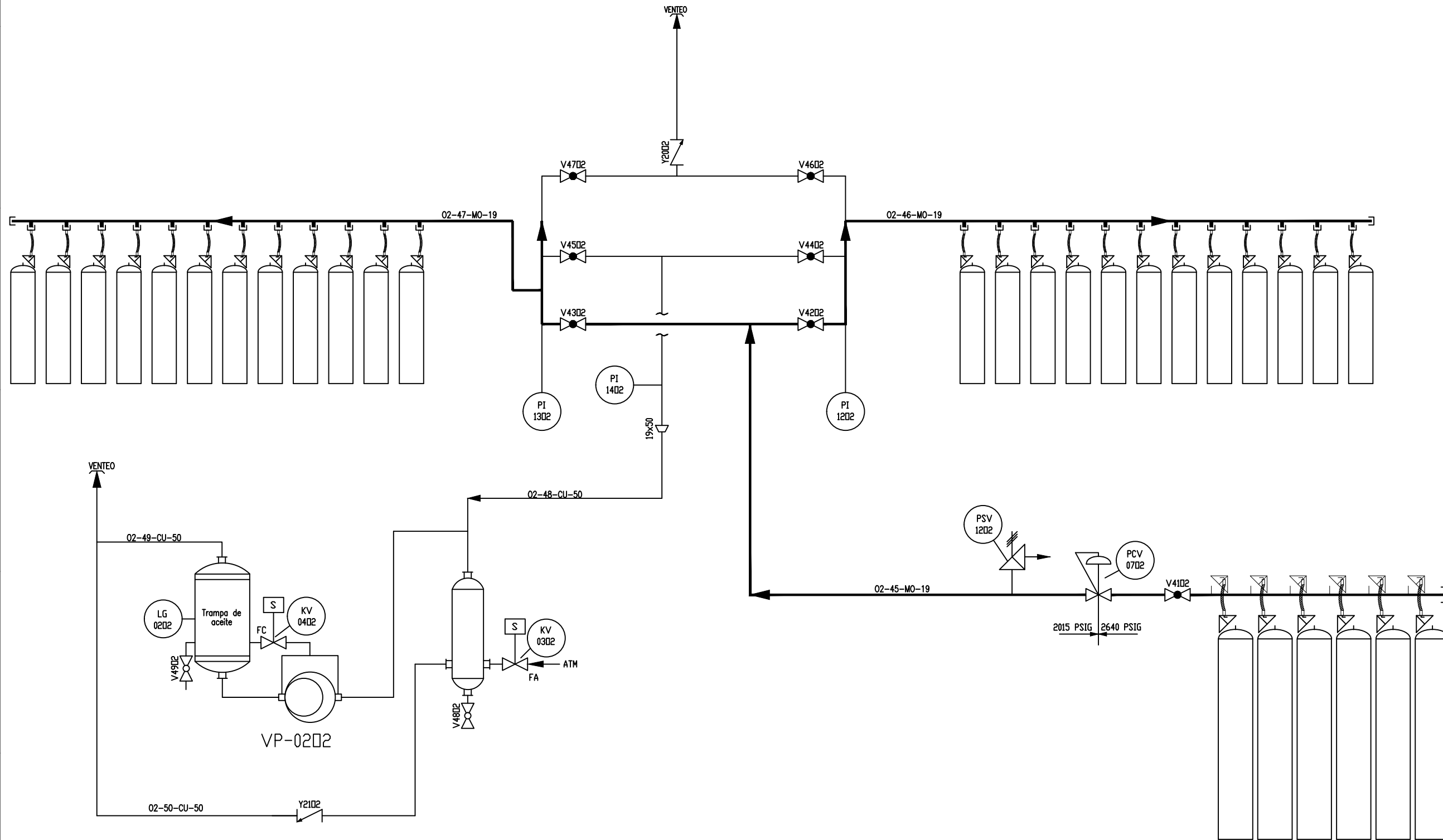
INFORMACIÓN REGISTRO PÚBLICO

PROPIETARIO: Información confidencial
CATASTRO: Información confidencial
FOLIO REAL: Información confidencial

CONTENIDO:
P&ID PROPUESTO SISTEMA DE LLENADO DE CILINDROS DE OXÍGENO POR TRASVASE

ESCALA	FECHA	LÁMINA
Sin escala	01/07/2017	IQ-006 Propuesto

P&ID PROPUESTO SISTEMA DE LLENADO DE CILINDROS DE OXÍGENO POR TRASVASE



PROYECTO:
PLANTA DE LLENADO DE GASES

PROPIETARIO:
EMPRESA PRODUCTORA DE GASES INDUSTRIALES Y MEDICINALES

PROVINCIA	CANTON	DISTRITO
ALAJUELA	ALAJUELA	ALAJUELA

DIBUJO: ALEJANDRO CÉSPEDES OREAMUNO

PROFESIONAL RESPONSABLE
NOMBRE: ALEJANDRO CÉSPEDES OREAMUNO

FIRMA: _____ No. Reg.: SIN REGISTRO

PROFESIONAL RESPONSABLE DIRECCIÓN TÉCNICA
NOMBRE: ALEJANDRO CÉSPEDES OREAMUNO

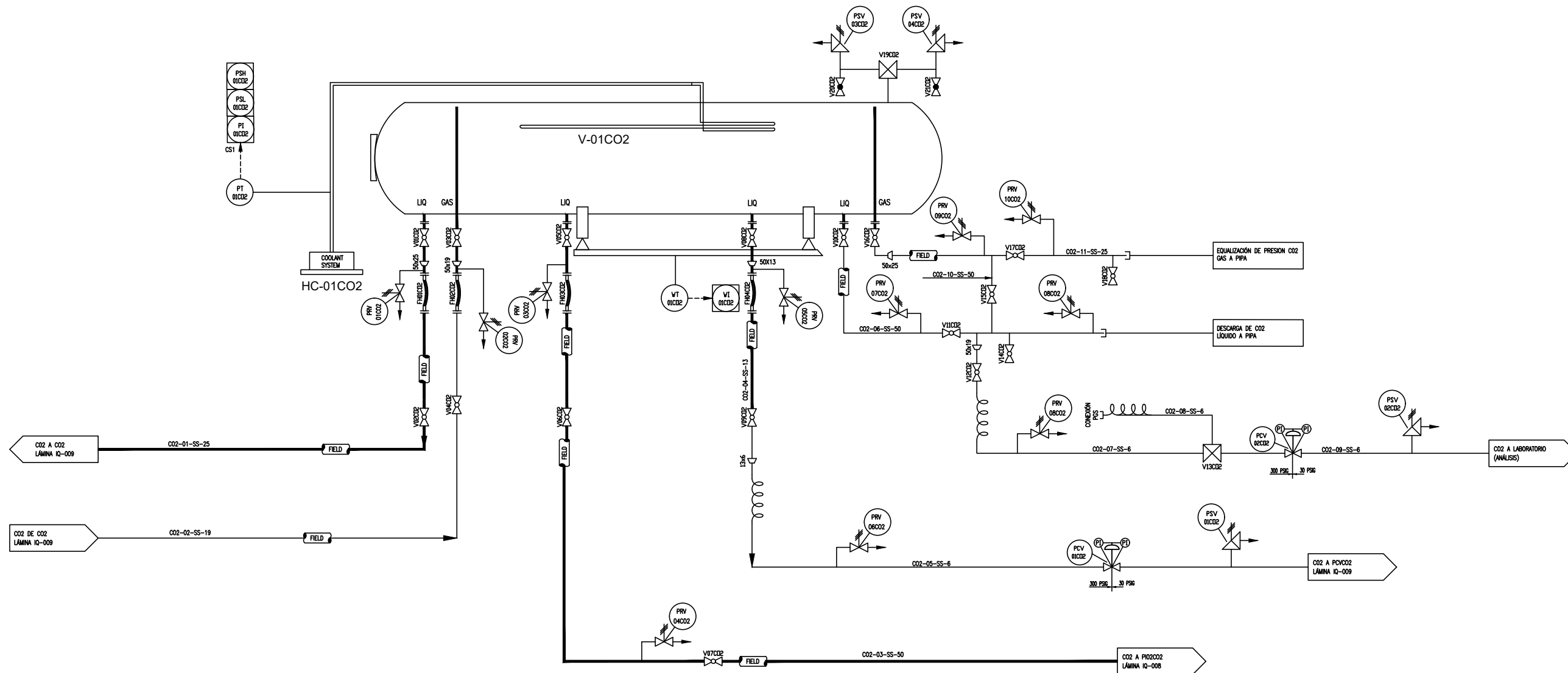
FIRMA: _____ No. Reg.: SIN REGISTRO

INFORMACION REGISTRO PUBLICO
PROPIETARIO: Información confidencial
CATASTRO: Información confidencial
FOLIO REAL: Información confidencial

CONTENIDO:
P&ID PROPUESTO SISTEMA DE LLENADO DE CILINDROS DE OXÍGENO POR TRASVASE

ESCALA	FECHA	LAMINA
Sin escala	01/07/2017	IQ-006

P&ID TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE DIÓXIDO DE CARBONO



PROYECTO.
PLANTA DE LLENADO DE GASES

PROPIETARIO.
EMPRESA PRODUCTORA DE GASES INDUSTRIALES Y MEDICINALES

PROVINCIA	CANTON	DISTRITO
ALAJUELA	ALAJUELA	ALAJUELA

DIBUJÓ: ALEJANDRO CÉSPEDES OREAMUNO

PROFESIONAL RESPONSABLE
NOMBRE: ALEJANDRO CÉSPEDES OREAMUNO

FIRMA: _____ No. Reg.: SIN REGISTRO

PROFESIONAL RESPONSABLE DIRECCIÓN TÉCNICA
NOMBRE: ALEJANDRO CÉSPEDES OREAMUNO

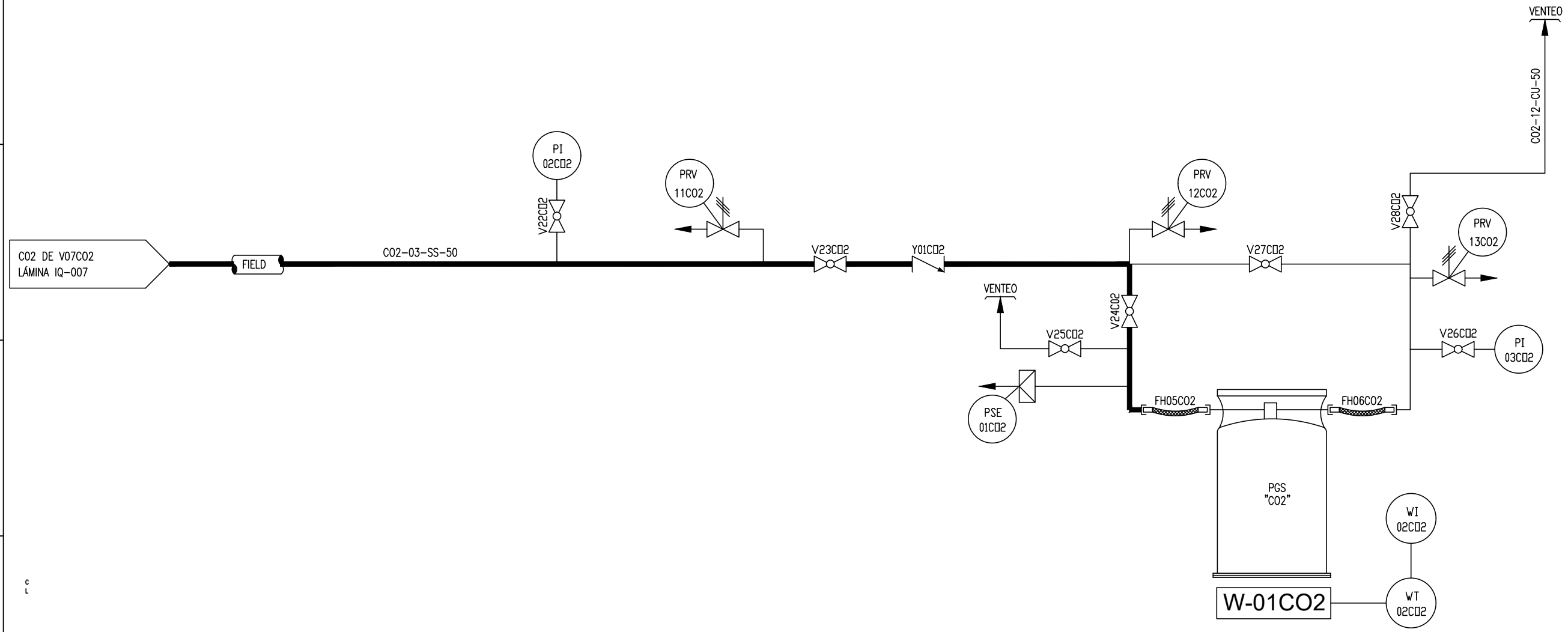
FIRMA: _____ No. Reg.: SIN REGISTRO

INFORMACION REGISTRO PUBLICO
PROPIETARIO: Información confidencial
CATASTRO: Información confidencial
FOLIO REAL: Información confidencial

CONTENIDO:
P&ID TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE DIÓXIDO DE CARBONO

ESCALA	FECHA	LÁMINA
Sin escala	01/07/2017	IQ-007

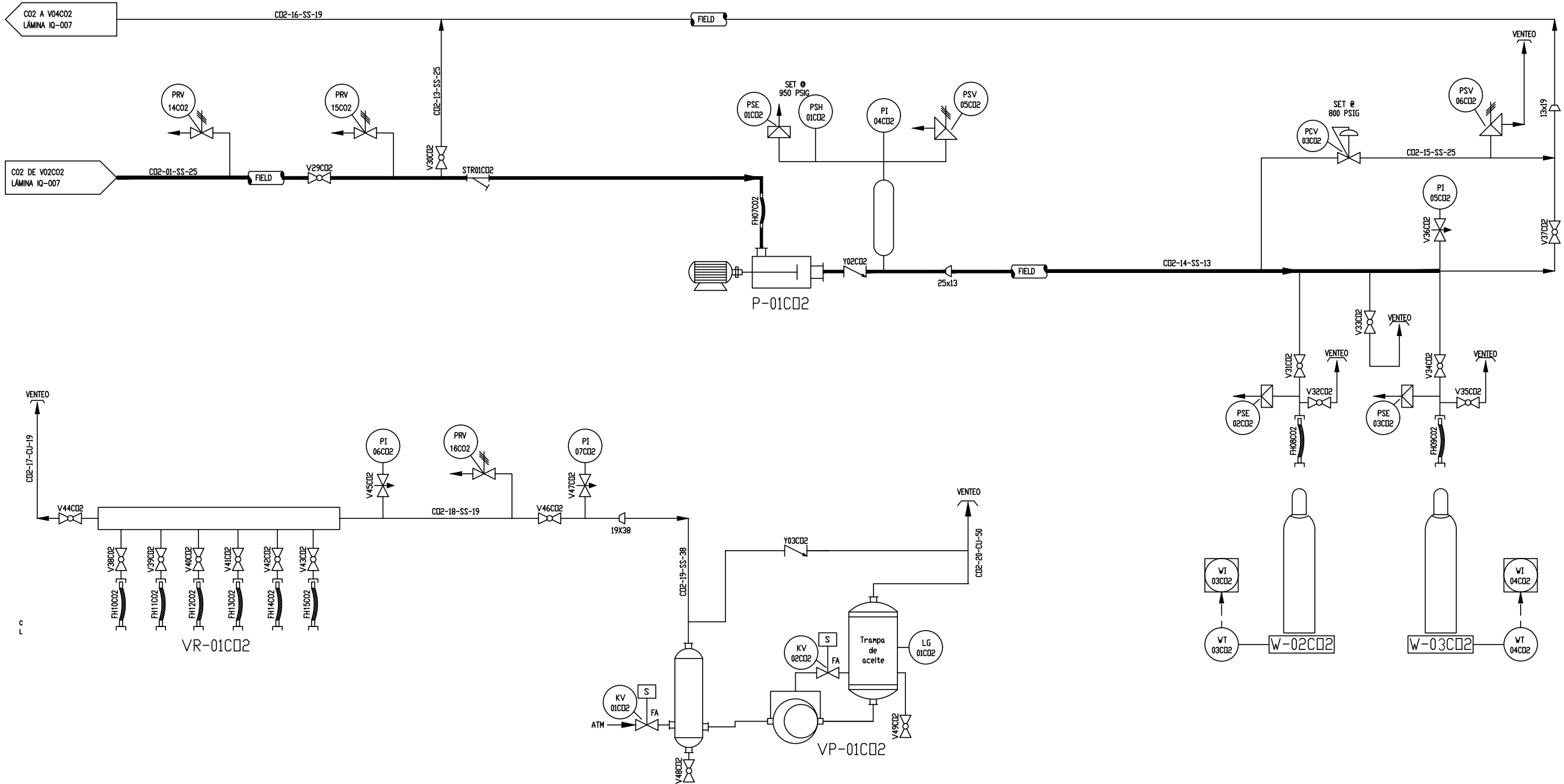
P&ID LLENADO DE PGS'S DE DIÓXIDO DE CARBONO



c
l

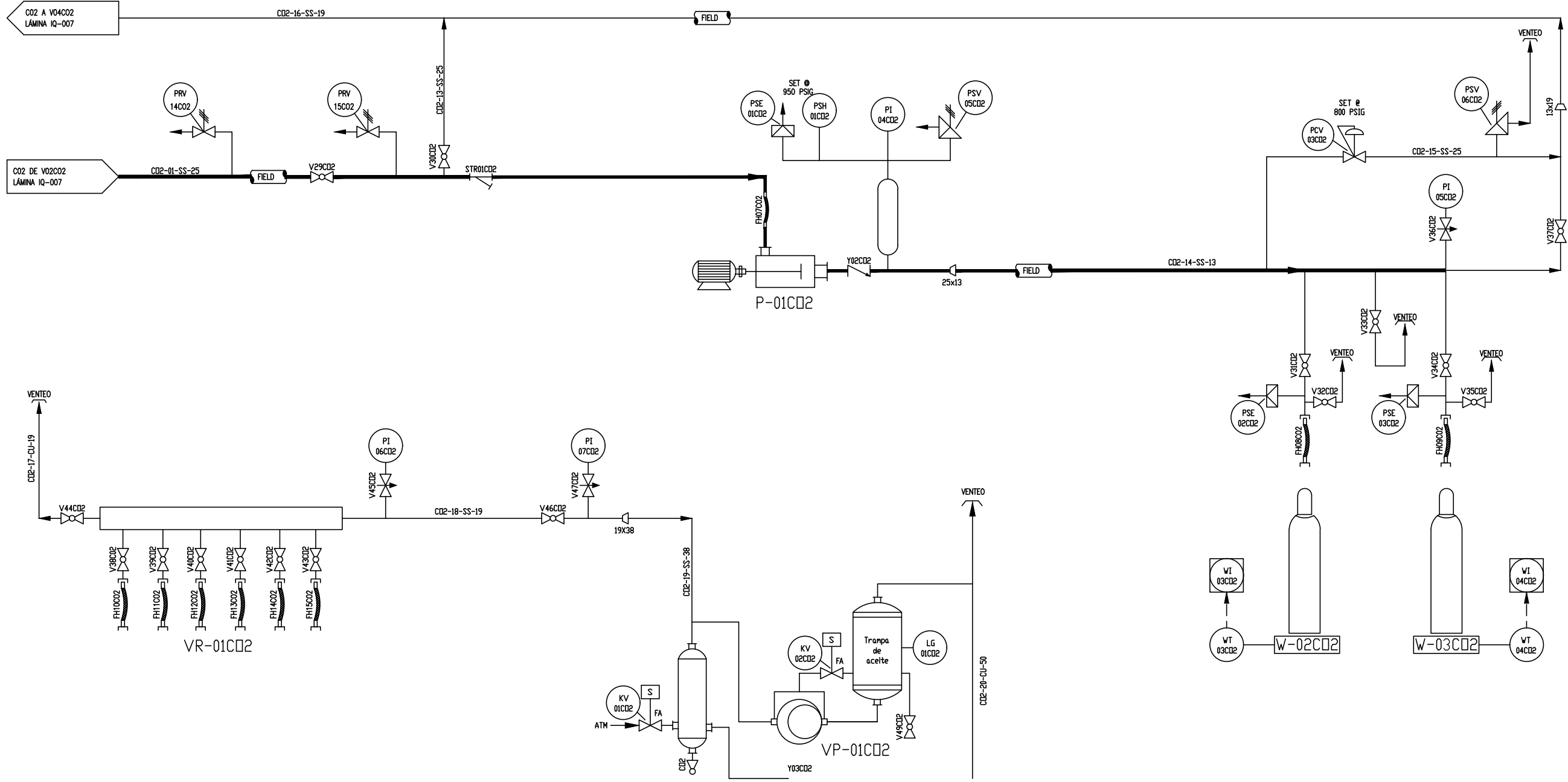
PROYECTO.		
PLANTA DE LLENADO DE GASES		
PROPIETARIO.		
EMPRESA PRODUCTORA DE GASES INDUSTRIALES Y MEDICINALES		
PROVINCIA	CANTON	DISTRITO
ALAJUELA	ALAJUELA	ALAJUELA
DIBUJO: ALEJANDRO CÉSPEDES OREAMUNO		
PROFESIONAL RESPONSABLE		
NOMBRE: ALEJANDRO CÉSPEDES OREAMUNO		
FIRMA:	No. Reg.:	SIN REGISTRO
PROFESIONAL RESPONSABLE DIRECCIÓN TÉCNICA		
NOMBRE: ALEJANDRO CÉSPEDES OREAMUNO		
FIRMA:	No. Reg.:	SIN REGISTRO
INFORMACION REGISTRO PUBLICO		
PROPIETARIO:	Información confidencial	
# CATASTRO:	Información confidencial	
FOLIO REAL:	Información confidencial	
CONTENIDO:		
P&ID LLENADO DE PGS'S DE DIÓXIDO DE CARBONO		
ESCALA	FECHA	LAMINA
Sin escala	01/07/2017	IQ-008

P&ID PROPUESTO SISTEMA DE LLENADO DE CILINDROS DE DIÓXIDO DE CARBONO



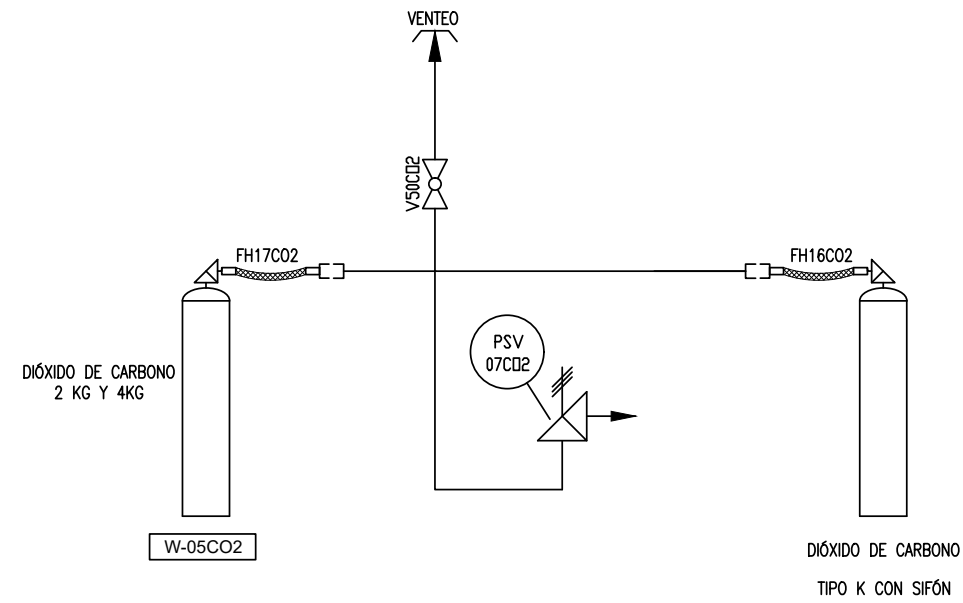
PROYECTO.		
PLANTA DE LLENADO DE GASES		
PROPIETARIO.		
EMPRESA PRODUCTORA DE GASES INDUSTRIALES Y MEDICINALES		
PROVINCIA	CANTON	DISTRITO
ALAJUELA	ALAJUELA	ALAJUELA
DIBUJO: ALEJANDRO CÉSPEDES OREAMUNO		
PROFESIONAL RESPONSABLE		
NOMBRE: ALEJANDRO CÉSPEDES OREAMUNO		
FIRMA:	No. Reg.:	SIN REGISTRO
PROFESIONAL RESPONSABLE DIRECCIÓN TÉCNICA		
NOMBRE: ALEJANDRO CÉSPEDES OREAMUNO		
FIRMA:	No. Reg.:	SIN REGISTRO
INFORMACION REGISTRO PUBLICO		
PROPIETARIO:	Información confidencial	
# CATASTRO:	Información confidencial	
FOLIO REAL:	Información confidencial	
CONTENIDO:		
P&ID PROPUESTO SISTEMA DE LLENADO DE CILINDROS DE DIÓXIDO DE CARBONO		
ESCALA	FECHA	LÁMINA
Sin escala	01/07/2017	IQ-009 Propuesto

P&ID SISTEMA DE LLENADO DE CILINDROS DE DIÓXIDO DE CARBONO



PROYECTO.		
PLANTA DE LLENADO DE GASES		
PROPIETARIO.		
EMPRESA PRODUCTORA DE GASES INDUSTRIALES Y MEDICINALES		
PROVINCIA	CANTON	DISTRITO
ALAJUELA	ALAJUELA	ALAJUELA
DIBUJO: ALEJANDRO CÉSPEDES OREAMUNO		
PROFESIONAL RESPONSABLE		
NOMBRE: ALEJANDRO CÉSPEDES OREAMUNO		
FIRMA:	No. Reg.:	SIN REGISTRO
PROFESIONAL RESPONSABLE DIRECCIÓN TÉCNICA		
NOMBRE: ALEJANDRO CÉSPEDES OREAMUNO		
FIRMA:	No. Reg.:	SIN REGISTRO
INFORMACION REGISTRO PUBLICO		
PROPIETARIO:	Información confidencial	
# CATASTRO:	Información confidencial	
FOLIO REAL:	Información confidencial	
CONTENIDO:		
P&ID SISTEMA DE LLENADO DE CILINDROS DE DIÓXIDO DE CARBONO		
ESCALA	FECHA	LÁMINA
Sin escala	01/07/2017	IQ-009

P&ID PROPUESTO SISTEMA DE LLENADO DE CILINDROS DE DIÓXIDO DE CARBONO POR TRASVASE



PROYECTO: PLANTA DE LLENADO DE GASES		
PROPIETARIO: EMPRESA PRODUCTORA DE GASES INDUSTRIALES Y MEDICINALES		
<small>PROVINCIA</small> ALAJUELA	<small>CANTÓN</small> ALAJUELA	<small>DISTRITO</small> ALAJUELA
<small>DIBUJÓ:</small> ALEJANDRO CÉSPEDES OREAMUNO		
PROFESIONAL RESPONSABLE <small>NOMBRE:</small> ALEJANDRO CÉSPEDES OREAMUNO		
<small>FIRMA:</small> _____ <small>No. Reg.:</small> _____ <small>SIN REGISTRO</small>		
PROFESIONAL RESPONSABLE DIRECCIÓN TÉCNICA <small>NOMBRE:</small> ALEJANDRO CÉSPEDES OREAMUNO		
<small>FIRMA:</small> _____ <small>No. Reg.:</small> _____ <small>SIN REGISTRO</small>		
INFORMACION REGISTRO PUBLICO <small>PROPIETARIO:</small> Información confidencial <small># CATASTRO:</small> Información confidencial <small>FOLIO REAL:</small> Información confidencial		
CONTENIDO: P&ID PROPUESTO SISTEMA DE LLENADO DE CILINDROS DE DIOXIDO DE CARBONO POR TRASVASE		
<small>ESCALA</small> Sin escala	<small>FECHA</small> 01/07/2017	<small>LÁMINA</small> IQ- 010