

**ANÁLISIS DE RIESGO Y OPERABILIDAD HAZOP PARA ARRANQUE EN
CONDICIONES MANUALES SIN INSTRUMENTACIÓN DE CONTROL PARA LA
ESTACIÓN DE COMPRESIÓN GAS NATURAL DE PUENTE GUILLERMO**

MARITZA ISABEL GONZALEZ BLANCO

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISCOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DEL GAS
BUCARAMANGA**

2012

**ANÁLISIS DE RIESGO Y OPERABILIDAD HAZOP PARA ARRANQUE EN
CONDICIONES MANUALES SIN INSTRUMENTACIÓN DE CONTROL PARA LA
ESTACIÓN DE COMPRESIÓN GAS NATURAL DE PUENTE GUILLERMO**

MARITZA ISABEL GONZALEZ BLANCO

**Trabajo de Grado Presentado Como Requisito Parcial para Obtener el Título
de Especialista en Ingeniería del Gas**

Director

Ing. César Augusto Quiroz

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISCOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DEL GAS
BUCARAMANGA**

2012

DEDICATORIA

Con cariño dedico este trabajo a Dios por permitirme terminar satisfactoriamente esta especialización.
A mis padres, Beatriz y Simón, a mis Hermanos Betty y Simón, y a Tin que con su apoyo y confianza hicieron posible cumplir con esta meta.

Los Adoro

AGRADECIMIENTOS

Agradezco especialmente al Ingeniero Cesar Quiroz y a Yuranni Perez, por su apoyo en el desarrollo de esta Monografía.

Doy gracias a la Universidad Industrial de Santander UIS, especialmente a los docentes de la especialización de Ingeniería de Gas y a mis compañeros de clase que participaron en mi formación académica.

Por último, deseo dar de manera muy especial las gracias a mi familia por su apoyo, y a HEGA empresa donde laboro por la incondicional ayuda.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	14
1. INFORMACIÓN GENERAL	15
1.1. OBJETIVOS DEL PROYECTO	15
1.1.1. Objetivo General.....	15
1.1.2. Objetivos Específicos.....	15
1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	15
1.3. ALCANCE DEL ESTUDIO	18
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	19
2. INTRODUCCIÓN GENERAL DEL ANÁLISIS PRELIMINAR DE RIESGOS.....	20
2.1. DEFINICIONES RELATIVAS.....	21
2.2. PROCESO DE GESTIÓN DEL RIESGO	22
2.3. MÉTODOS PARA EL ANÁLISIS DE RIESGOS.....	28
2.3.1. Métodos Cualitativos para el Análisis de Riesgos	28
2.3.1.1. Análisis de Riesgos.....	29
2.3.1.2. Metodología del Análisis	30
2.3.2. Métodos Semi-cuantitativos para el Análisis de Riesgos	33
2.3.3. Métodos Cuantitativos para el Análisis de Riesgos.....	34
2.4. CLASIFICACIÓN DE RIESGOS SEGÚN LAS CONDICIONES A QUE PERTENECEN	35
2.4.1. Condiciones Físicas.....	35
2.4.2. Condiciones Químicas	35
2.4.3. Condiciones de Seguridad.....	35
2.4.4. Condiciones Biológicas	36
2.4.5. Condiciones Ergonómicas	37

2.4.6. Condiciones Psicosociales.....	37
3. DOCUMENTACIÓN DEL ANÁLISIS HAZOP	39
3.1. IDENTIFICACIÓN DE NODOS	39
3.2. DESARROLLO DEL HAZOP	53
3.3. RESULTADOS DEL HAZOP	53
CONCLUSIONES	72
BIBLIOGRAFÍA.....	73

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Especificaciones técnicas de las unidades de compresión.	17
Tabla 2. Palabras guía y su significado.....	32
Tabla 3. Identificación de nodos.	50
Tabla 4. Desviaciones analizadas.....	51
Tabla 5. Análisis HAZOP para el nodo 1.....	54
Tabla 6. Análisis HAZOP para el nodo 2.....	56

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa topológico de los gasoductos a futuro	16
Figura 2. Modelo del proceso de gestión de riesgo.....	24
Figura 3. Diagrama de flujo implementado en el análisis HAZOP	33
Figura 4. Identificación de Nodos.....	39
Figura 5. Entrada de la estación.	40
Figura 6. Slug cátcher.....	41
Figura 7. Filtro de succión de compresores.	42
Figura 8. Sistema de compresores.	43
Figura 9. Compresor de respaldo.	44
Figura 10. Filtro de descarga de compresores.....	45
Figura 11. Sistema de gas combustible.	46
Figura 12. Distribución de gas combustible y arranque de motores.	47
Figura 13. Sistema de TEA.....	48
Figura 14. Sistema de aire de instrumentación.	49

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Puesta en Marcha Temprana Estación Compresora Puente Guillermo.....	74
--	----

RESUMEN

TITULO: ANÁLISIS DE RIESGO Y OPERABILIDAD HAZOP PARA ARRANQUE EN CONDICIONES MANUALES SIN INSTRUMENTACIÓN DE CONTROL PARA LA ESTACIÓN DE COMPRESIÓN GAS NATURAL DE PUENTE GUILLERMO

AUTOR: MARITZA ISABEL GONZALEZ BLANCO

PALABRAS CLAVES:

HAZOP, riesgo, gas, estación compresión, arranque temprano.

DESCRIPCIÓN:

La siguiente monografía muestra un estudio HAZOP (Análisis de riesgo y operabilidad) que se elaboró a la estación de compresión de Puente Guillermo de la compañía transportadora TGI S.A. E.S.P.

Este estudio se realizó debido a factores como: la responsabilidad contractual de la empresa para con los entes de control y a la no disponibilidad a fecha de puesta en marcha de la estación, de equipos de control que permitirían el arranque automático y no manual; por tal razón se debió analizar los riesgos que se podían presentar en el momento de arranque manual, pues se debía mitigar cualquier evento peligroso al que estuviera expuesto el personal y la estación.

Para este análisis se eligió HAZOP ya que es una herramienta analítica, cualitativa y sistemática, empleada para realizar identificaciones y evaluaciones de amenazas en instalaciones de proceso. El desarrollo del análisis HAZOP implica la aplicación de palabras guía (Ej.: no, más, menos, etc.) a los parámetros o condiciones de operación (Ej.: presión, flujo, etc.) del sistema bajo estudio para simular desviaciones (Ej.: no flujo, más nivel, etc.) respecto a la intención de diseño u operación del elemento analizado, de tal manera que se puedan encontrar las respuestas a las desviaciones y dirimir el estudio hacia las recomendaciones. Estas desviaciones se aplican a elementos o conjuntos de elementos específicos previamente identificados del sistema denominados Nodos.

El resultado final del análisis HAZOP es la siguiente monografía que incluye una breve descripción de la metodología empleada, el desarrollo específico del análisis HAZOP para el sistema de compresión, el cual va desde la selección de nodos, hasta la selección e identificación de los parámetros y desviaciones que fueron analizadas. Y por último se presenta las conclusiones del análisis y las recomendaciones establecidas.

*Monografía

**Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Ingeniería de Petróleos
Director. Ing. Cesar Augusto Quiroz

SUMMARY

TITLE: ANALYSIS HAZOP HAZARD AND OPERABILITY HAND TO START WITHOUT CONDITIONS OF CONTROL INSTRUMENTS FOR NATURAL GAS COMPRESSION PUENTE GUILLERMO STATION.

AUTHOR: MARITZA ISABEL GONZALEZ BLANCO

KEYWORDS:

HAZOP, hazard, gas, compression station, start early.

DESCRIPTION:

The following paper presents a study HAZOP (Hazard and operability) to be prepared in the compressor Puente Guillermo station from the company TGI SA E.S.P.

This study was conducted due to factors such as contractual liability of the company to control the bodies and the unavailability to date of commissioning of the station control equipment that would allow automatic starting collar, for such reason was to analyze the risks that could be present at boot time manual, because it should mitigate any hazardous event that was exposed and the station staff.

For this analysis was chosen as HAZOP is an analytical tool, qualitative and systematically used to make identifications and threat assessments in facilities development analysis process involves the application of HAZOP guide words (ej, no, more, less, etc..) to the parameters or operating conditions (ej: pressure, flow, etc..) of the system under study to simulate deflections (ej: not flow, the more level, etc..) regarding the design intent or operation of element analysis, so that they can find answers to resolve deviations and to study the recommendations. These deviations apply to items or groups of specific items previously identified system called nodes.

The end result of HAZOP analysis is the following monograph includes a brief description of the methodology used, the specific development of HAZOP analysis for the compression system, which runs from the selection of nodes to the selection and identification of the parameters and deviations that were analyzed. And finally presents the conclusions of the analysis and recommendations.

*Monograph Specilaization

**Physicochemical Faculty of Engineering, School of Petroleum Engineering. Specilization of Engineering the Gas. Director. Ing. Cesar Augusto Quiroz

INTRODUCCIÓN

Actualmente, la estación de compresión de gas natural de puente Guillermo se encuentra a la espera de diferentes elementos (válvulas y accesorios) y sistemas de control, los cuales, hacen parte del proceso de mejoramiento de la estación y, por consiguiente, del sistema de transporte del gasoducto, ya que esta estación compresora permite el manejo de un mayor caudal de gas. Por consiguiente, se ha tomado la decisión operar esta estación, tomando en cuenta la ausencia de los elementos mencionados. Este procedimiento aduce a un desarrollo de operación totalmente manual, donde la única sección automática corresponderá a las protecciones internas de las Unidades de Compresión y algunos elementos en el control de nivel de vasijas. Dadas estas circunstancias, se decidió inquirir, a través de un análisis HAZOP al diseño acordado entre TGI y el consorcio SADEVEN – TECNA (CST), sobre los efectos en cuanto a seguridad y operabilidad de la estación, bajo los procedimientos manuales. Este análisis HAZOP se basa de forma general en la reunión de un grupo de expertos, que a través de un proceso de lluvia de ideas emitidas, identifica las fortalezas y debilidades de un diseño, procedimiento o sistema, dejando como resultado final una serie de acciones encaminadas a mejorar la seguridad y operabilidad.

El resultado final del análisis HAZOP es la presente monografía que incluye en el Segundo Capítulo, una breve descripción de la metodología empleada. El Tercer Capítulo comprende el desarrollo específico del análisis HAZOP para el sistema de compresión, el cual va desde la selección de nodos, hasta la selección e identificación de los parámetros y desviaciones que fueron analizadas. Una sección adicional de conclusiones, donde se transcriben las recomendaciones establecidas.

1. INFORMACIÓN GENERAL

1.1. OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.1.1. Objetivo General

Desarrollar un análisis de riesgos y operabilidad HAZOP, sobre la ingeniería de detalle para el arranque en condiciones manuales sin instrumentación de control de la Estación de Compresión de Gas Natural Puente Guillermo de TGI S.A ESP., mediante una evaluación sistemática de nodos.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Seleccionar y caracterizar los nodos a partir de los P&ID's de la ingeniería de detalle.
- Identificar las posibles desviaciones, sus causas, sus consecuencias y acciones correctivas, en los parámetros de diseño para los nodos seleccionados.
- Establecer recomendaciones que permitan desarrollar acciones de previsión, prevención u operabilidad de las instalaciones temporales y su repercusión en otros sistemas.

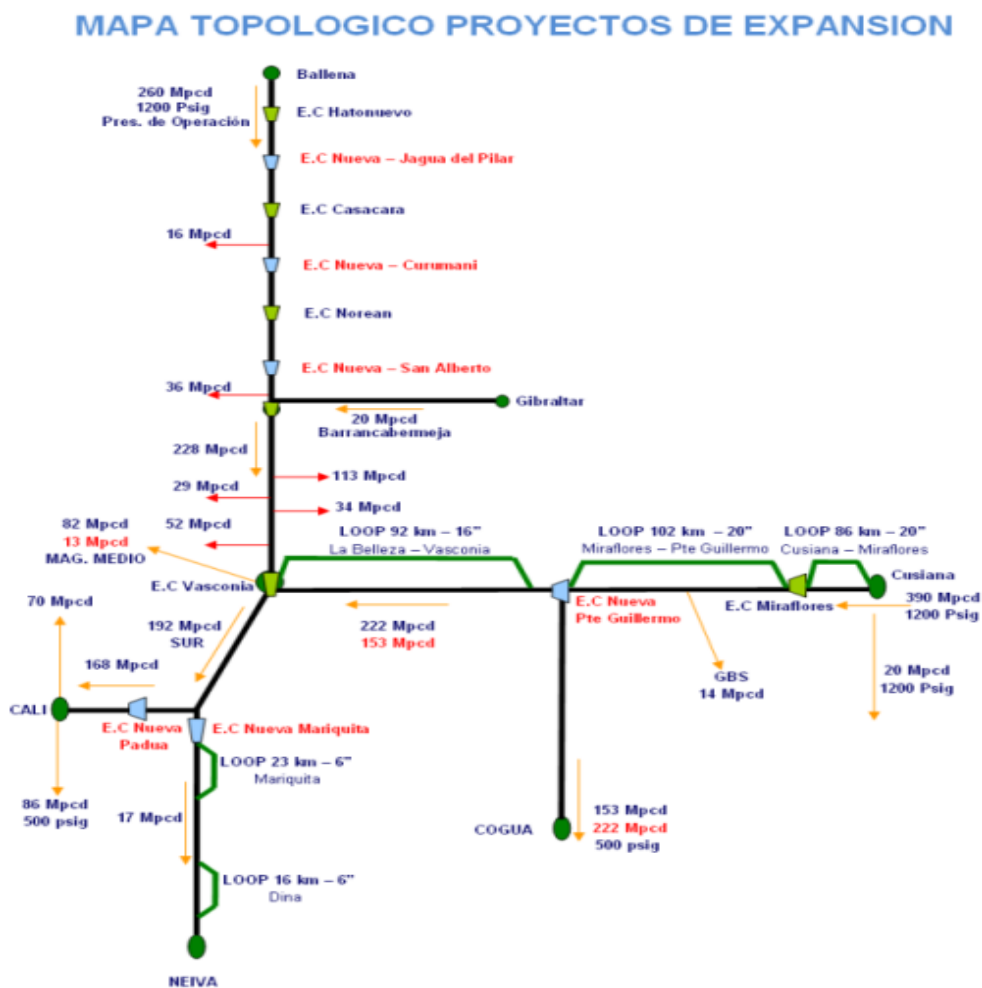
1.2. DESCRICIÓN DEL PROBLEMA

+

En vista del incremento de la producción de gas natural del campo Cusiana, la compañía transportadora requiere ampliar la capacidad de transporte desde este

campo, mediante la construcción de nuevas estaciones de compresión, la ampliación de las estaciones de compresión existentes y la construcción de los ops que permitan una mayor capacidad de la red existente. Al finalizar los proyectos de expansión el nuevo mapa topológico de los gasoductos del país será el indicado en la figura 1

Figura 1. Mapa topológico de los gasoductos a futuro



Fuente: Empresa TGI S.A. E.S.P

Actualmente, la estación de compresión de gas natural de Puente Guillermo está ubicada en la vereda Otero del Municipio de Puente Nacional, Departamento de Santander, aproximadamente a 400 metros de la válvula de derivación Otero del

gasoducto Cusiana - El Porvenir - La Belleza en el PK 188 (PK O en Cusiana) a 1890 m sobre el nivel del mar.

La estación se encuentra en proceso de construcción para aumentar la capacidad de transporte del gasoducto Cusiana -Porvenir-La belleza pasando de 150 MMSCFD a 390 MMSCFD de gas natural, los rangos de operación de la estación de compresión en la succión es de 600 psi a 900 psi y un rango de presión de operación en la descarga de 1050 psi a 1200 psi, la estación de compresión tendrá las siguientes especificaciones técnicas de las unidades de compresión paquetizadas por Valeros Compressor Service:

Tabla 1. Especificaciones técnicas de las unidades de compresión.

TAG-Equipo	Motor	Compresor	Cooler	Potencia (Hp)	Total
V-001	Caterpillar G-3608	Ariel JGK/4	Air-X-Hemphill-132FF2	2370	16590
V-002	Caterpillar G-3608	Ariel JGK/4	Air-X-Hemphill-132FF2	2370	
V-003	Caterpillar G-3608	Ariel JGK/4	Air-X-Hemphill-132FF2	2370	
V-004	Caterpillar G-3608	Ariel JGK/4	Air-X-Hemphill-132FF2	2370	
V-005	Caterpillar G-3608	Ariel JGK/4	Air-X-Hemphill-132FF2	2370	
V-006	Caterpillar G-3608	Ariel JGK/4	Air-X-Hemphill-132FF2	2370	
V-007	Caterpillar G-3608	Ariel JGK/4	Air-X-Hemphill-132FF2	2370	

En la actualidad, la estación de compresión de Puente Guillermo por atrasos en la procura se encuentra a la espera de diferentes elementos (válvulas, actuadores, y accesorios) y sistemas de control, los cuales, hacen parte del proceso de control automático de la estación.

Debido a la necesidad de cumplir con los compromisos de la compañía para tener la capacidad ampliada lista y en operación se ha tomado la decisión de operar tempranamente esta estación, tomando en cuenta la ausencia de los elementos mencionados. Este procedimiento implica una operación totalmente manual, donde la única sección automatizada corresponderá a las protecciones internas de las Unidades de Compresión y algunos elementos en el control de nivel de recipientes a presión. Dadas estas circunstancias se decidió analizar a través de la metodología HAZOP, los efectos, riesgos, consecuencias y posibles mitigaciones de los mismos que garanticen una operación segura y confiable en modo manual.

1.3. ALCANCE DEL ESTUDIO

El Análisis de Amenazas Operacionales HAZOP (Hazard and Operability Analysis) es una herramienta analítica, cualitativa y sistemática, empleada para realizar identificaciones y evaluaciones de amenazas en instalaciones de proceso. El desarrollo del análisis HAZOP implica la aplicación de palabras guía (Ej.: no, más, menos, etc.), a los parámetros o condiciones de operación (Ej.: presión, flujo, etc.), del sistema bajo estudio para crear desviaciones (Ej.: no flujo, más nivel, etc.), respecto a la intención de diseño u operación del elemento analizado. Estas desviaciones se aplican a elementos o conjuntos de elementos específicos previamente identificados del sistema denominados Nodos. El desarrollo del estudio HAZOP se llevará a cabo en tres etapas fundamentales:

- Identificación de nodos
- Desarrollo del taller
- Informe del estudio con conclusiones para el arranque manual.

El estudio debe garantizar que el arranque manual se puede ejecutar sin desviaciones a la Norma ASME B31.8 y mitigar y controlar los riesgos generados por la ausencia de sistemas de instrumentación para control automático, como ESDV y FIRE&GAS entre otros.

1.4. JUSTIFICACIÓN

Debido al aumento en la demanda de Gas Natural y al compromiso contractual adquirido en el expediente tarifario del transportador, se debe declarar la capacidad de expansión diseñada antes de la fecha de puesta en marcha en operación instrumentada, con el arranque manual se busca contribuir a que los proyectos de expansión, puedan producir ingresos según lo planificado en los planes de inversión y así evitar una posible disminución de los ingresos operacionales del transportador, lo que hace necesario un estudio minucioso de las posibilidades existentes para hacer realidad este proyecto y responder en un futuro a la proyección creciente de consumo. Dadas las directrices de la nación y el transportador se hace indispensable la operación anticipada en modo manual de la estación de compresión de gas natural de Puente Guillermo.

2. INTRODUCCIÓN GENERAL DEL ANÁLISIS PRELIMINAR DE RIESGOS

Según la Federación Colombiana de Aseguradores, Fasecolda, en 2007 hubo en Colombia 310,950 accidentes de trabajo (uno cada dos minutos trabajados), 18,841 más que en 2006 y 62,686 más que en 2005. De esos más de 300 mil accidentes de 2007, 366 se convirtieron en muertes¹. ¿Cuántos de estos accidentes, incluyendo las fatalidades pudieron haberse prevenido? Probablemente todos. De ahí la importancia y trascendencia de los programas de prevención de accidentes y la implementación de las herramientas derivadas de los mismos.

Lo primero que se debe mantener presente en este aspecto, es que toda actividad humana está relacionada implícitamente con algún tipo de peligro. Asimismo, que para poder prevenirlos, todos y cada uno de los peligros asociados a las tareas laborales, deben ser identificados.

Las técnicas para la identificación de peligros no se limitan exclusivamente a la consideración de posibles accidentes mayores, sino a la posibilidad de que se produzcan otros incidentes relacionados con el funcionamiento del proceso.

Dichas técnicas proponen diversas metodologías que buscan dar respuesta a preguntas como: ¿qué puede funcionar mal? y ¿por qué razón?

La identificación, el análisis y la evaluación de riesgos, permite definir objetivos y priorizar las acciones en materia de control de peligros dentro del medio ambiente

¹Sistema de Información Gremial – SIG. Cámara técnica de riesgos profesionales fase colda. Recuperado el 16 de Octubre de 2007, de www.fasecolda.com/int/CT_RP_Est.php

de trabajo. Bajo esta premisa, los sistemas de gestión de seguridad y salud ocupacional, surgen entonces como una poderosa herramienta directriz en las organizaciones.

2.1. DEFINICIONES RELATIVAS

Peligro: fuente o situación con potencial dañino en términos de herida a la persona o enfermedad, daño a la propiedad, daño al ambiente de trabajo, o a una combinación de éstos.

Identificación del peligro: proceso por el cual se detecta que un peligro existe y sede finen sus características.

Incidente: acontecimiento que ocasionó un accidente o tuvo el potencial para llevara un accidente. Un incidente donde no ocurra una enfermedad, herida, daño u otra pérdida, es referido como un accidente potencial.

Riesgo: combinación de la probabilidad y la(s) consecuencia(s) que ocurra un evento peligroso específico.

Riesgo aceptable: posibles consecuencias sociales, económicas y ambientales que, implícita o explícitamente, una sociedad o un segmento de la misma asume o tolera por considerar innecesario, inoportuno o imposible una intervención para su reducción. Es el nivel de probabilidad de una consecuencia dentro de un período de tiempo, que se considera admisible para determinar las mínimas exigencias o requisitos de seguridad, con fines de protección y planificación ante posibles fenómenos peligrosos.

Riesgo tolerable: riesgo que se ha reducido a un nivel que la organización puede soportar respecto a sus obligaciones legales y su propia política de Seguridad y Salud Ocupacional.

Proceso de Gestión del Riesgo: Aplicación sistemática de políticas de gestión, procedimientos y prácticas, a las tareas de establecimiento del contexto, identificación, análisis, evaluación, tratamiento, monitoreo y comunicación del riesgo.

Tratamiento del Riesgo: selección e implementación de las opciones apropiadas para ocuparse del riesgo.

Factor de Riesgo: se define como aquellos objetos, máquinas, instalaciones ambientales, acciones humanas, que encierran una capacidad potencial de producir lesiones o daños materiales y cuya probabilidad de ocurrencia depende de la eliminación o control del elemento agresivo.

Probabilidad: posibilidad de que ocurra un evento o resultado específico, medida por la relación entre los eventos o resultados específicos y el número total de eventos o resultados posibles.

Consecuencia: Resultado de un evento expresado cualitativa o cuantitativamente, como por ejemplo una pérdida, lesión, desventaja o ganancia. Puede haber una serie de resultados posibles asociados con un evento.

2.2. PROCESO DE GESTIÓN DEL RIESGO

La construcción y manejo de una metodología apropiada para la gestión del riesgo, no sólo posibilita ampliar los controles sobre los riesgos implícitos en el

desarrollo de las actividades, sino que permite identificar la frecuencia en la ocurrencia de incidentes, así como sus causas y consecuencias, de manera que éstos no interfieran con el cumplimiento adecuado de los objetivos planteados y se garantice que la organización está preparada para implementar los planes de contingencia respectivos, en el caso en que cualquier eventualidad se pueda presentar.

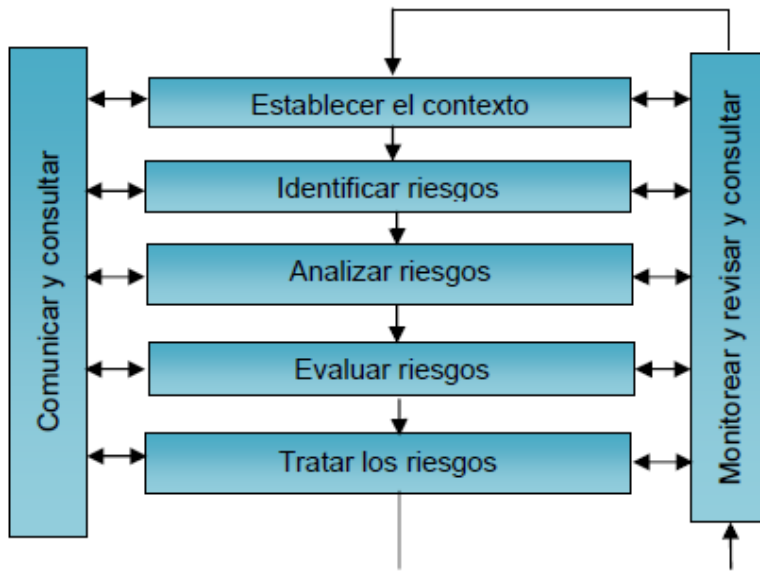
La gestión de riesgos es el término aplicado a un método lógico y sistemático, que permite establecer el contexto, identificar, analizar, valorar, tratar, monitorear, comunicar y documentar los riesgos asociados con una actividad, función o proceso, de modo que se posibilite a la organización minimizar pérdidas y maximizar oportunidades².

Uno de los objetivos de la gestión del riesgo es garantizar la protección de los recursos, minimizando los riesgos y sus efectos, incorporando los controles necesarios y suficientes dentro de los procesos y procedimientos. Además, involucra y compromete a todas las personas en la organización, en la búsqueda de acciones encaminadas a prevenir y controlar los riesgos. El desarrollo de esta metodología propende el mejoramiento, establecimiento e implementación de una infraestructura que garantice que el sistema sea parte de la cultura organizacional de la empresa. También asegura el cumplimiento de normas, leyes y regulaciones y establece mecanismos de monitoreo en tiempo real.

La estructura estándar para el proceso de gestión del riesgo, contempla las fases que se observan en la figura 2.

²Giraldo, Magda. (2005). Sensibilización del sistema de Administración de Riesgos. Recuperado el 3 de Noviembre de 2007, de www.alpha.mindefensa.gov.co

Figura 2. Modelo del proceso de gestión de riesgo³.



Fuente: www.alpha.mindefensa.gov.co

Así, las implicaciones relativas a cada una de ellas, se mencionan a continuación⁴:

Establecer el contexto

- Pretende establecer el contexto estratégico, organizacional y de administración de riesgos en el cual tendrá lugar el resto del proceso.
- El respaldo de la alta dirección es un elemento clave en el desarrollo de esta etapa.
- Estrecha relación entre la misión u objetivos estratégicos de una organización y la gestión de todos los riesgos a los cuales está expuesta.
- Alto respaldo y convencimiento de la alta dirección.
- Relación entre la organización y su entorno, identificando las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas de la organización.

³Fuente: www.alpha.mindefensa.gov.co.

⁴ Giraldo, Magda. (2005). Sensibilización del sistema de Administración de Riesgos. Recuperado el 3 de Noviembre de 2007, de www.alpha.mindefensa.gov.co.

- Identificar las partes interesadas.
- El contexto incluye los aspectos financieros, operacionales, competitivos, políticos, sociales, del cliente, culturales y legales de las funciones de una organización.
- La política y metas organizacionales ayudan a definir los criterios por los cuales se decide si un riesgo es aceptable o no, y forma la base de opciones para su tratamiento.
- En la definición de la estructura se involucra la separación de las actividades o proyecto en un conjunto de elementos. Estos elementos ofrecen una estructura lógica para la identificación y análisis que ayuda a garantizar que no se pasen por alto riesgos significativos.

Identificar riesgos

- Analizar: ¿qué puede suceder?, ¿cómo y por qué puede suceder?
- Definir técnicas y herramientas apropiadas para la identificación.
- Identificar los riesgos a administrar a través de un proceso amplio, sistemático y estructurado.
- Se debe incluir todos los riesgos potenciales (estén o no bajo control) para no excluirlos del análisis posterior.

Analizar los riesgos

- Definir las herramientas y técnicas para el análisis.
- Analizar los controles existentes.
- Analizar riesgos en términos de consecuencias y posibilidades.
- Definir el tipo de análisis (cualitativo y/o cuantitativo).
- El objeto del análisis es separar los riesgos menores aceptables de los riesgos mayores, y proveer datos para asistir la evaluación y el tratamiento de los riesgos.

- Consecuencias y probabilidades pueden ser combinadas para producir un nivel estimado de riesgo.
- A fin de evitar los sesgos subjetivos, al analizar las consecuencias y la posibilidad, se recomienda emplear los mejores recursos y técnicas de información disponibles.

Evaluar los riesgos

Comparar los niveles estimados de riesgos contra los criterios preestablecidos.

Establecer prioridades de los riesgos para su tratamiento.

El resultado de una evaluación del riesgo es una lista priorizada de riesgos para tomar acciones posteriores.

Las decisiones del análisis deben dar cuenta de la consideración de tolerabilidad de los riesgos asumidos.

El resultado de una evaluación de riesgos es una lista priorizada de riesgos, para tomar acciones posteriores.

Se deben considerar los objetivos de la organización y el grado de oportunidad que pudiera resultar de asumir el riesgo.

Si los riesgos resultantes se encuentran en las categorías de riesgo bajo o aceptable, pueden aceptarse con mínimo tratamiento posterior. Los riesgos bajos y aceptados deben monitorearse y revisarse periódicamente para garantizar que siguen siendo aceptables.

El tratamiento de los riesgos deberá orientarse principalmente a los riesgos altos o medios, que de acuerdo a la experiencia, la organización considera que podrían materializarse.

Tratar los riesgos

- Identificar opciones de tratamiento de riesgos:
 - a) Evitar el riesgo
 - b) Reducir probabilidad
 - c) Reducir consecuencias

- d) Transferir el riesgo
- e) Retener el riesgo
- Evaluar opciones de tratamiento (costo/beneficio)
- Preparar planes de tratamiento
- Implementar planes
- Si los riesgos no caen dentro de la categoría de riesgos bajos o aceptables, se tratan utilizando las opciones consideradas.
- Aceptar y monitorear permanentemente los riesgos de baja prioridad.
- Para definir la mejor alternativa para administrar y mitigar los riesgos, la organización debe tomar en cuenta los siguientes aspectos y posteriormente establecer la estrategia:
 - a) Beneficios al implementar el tratamiento del riesgo
 - b) Costo de la implementación del tratamiento de riesgo seleccionado
 - c) Esfuerzo requerido para la implementación del tratamiento de riesgo
 - d) Tiempo para impactar la gestión del proceso a través de la implementación del tratamiento del riesgo.

Monitorear y revisar

- Monitorear los riesgos, la efectividad del plan de tratamiento de los riesgos, las estrategias y el sistema de administración que se establece para controlar la implementación.
- Revisar sobre la marcha para asegurar que el plan de administración se mantiene relevante.
- Monitorear y revisar el desempeño del sistema de administración de riesgos y los cambios que podrían afectarlo.
- Repetir y revisar regularmente el ciclo de administración de riesgos.

Comunicar y consultar

- Desarrollar un plan de comunicación para los interesados

- Crear diálogo en ambas direcciones entre los interesados.
- Identificar y documentar percepciones de los riesgos de los interesados.
- Llevar registros de cada etapa y ciclos.
- Comunicar y consultar con interesados internos y externos según corresponda en cada etapa del proceso de administración de riesgos y concerniendo al proceso como un todo.

2.3. MÉTODOS PARA EL ANÁLISIS DE RIESGOS

Ahora bien, lo descrito hasta el momento, constituye exclusivamente una guía de criterios de actuación, pero no provee detalles específicos para el diseño de un sistema de gestión. Es por eso que se hace necesaria una descripción un poco más específica, de las características de algunos de los sistemas de análisis de riesgos más utilizados.

2.3.1. Métodos Cualitativos para el Análisis de Riesgos

El análisis cualitativo emplea formas o escalas descriptivas, para referirse a la magnitud de las consecuencias potenciales y la posibilidad de que estas consecuencias ocurran. Su objetivo es identificar tanto riesgos, como consecuencias y causas.

Se emplea:

- Como una actividad inicial de preselección, para identificar los riesgos que necesitan un análisis más detallado.
- Cuando el nivel del riesgo no justifica el tiempo y esfuerzo requeridos para un análisis más completo; ó
- Cuando los datos numéricos disponibles son inadecuados para un análisis cuantitativo.

Ejemplos de este tipo de análisis lo constituyen:

- Panorama de factores de Riesgos
- Análisis Histórico de Riesgos
- Listas de Chequeo
- Análisis de Seguridad en el Trabajo
- Whatlf...?
- Análisis de Modos de los fallos y sus efectos (FEMA)
- HAZOP
- Árbol de Fallos (FTA)
- Árbol de Sucesos (ETA)
- Análisis de riesgos por Oficio (ARO)
- Análisis de Causas y Consecuencias (ACC)

Cabe la pena destacar que para lograr un mayor acercamiento y comprensión por parte del lector respecto al tema que a esta monografía concierne, a continuación se logra una breve descripción del método del Análisis de Riesgos HAZOP. La elección de esta metodología en particular, se debe al amplio reconocimiento y aceptación con la que cuenta. La sencillez en su implementación, comprensión y diligenciamiento, fueron los factores encargados de posicionar al HAZOP, como la alternativa más viable y atractiva para llevar a cabo este proceso.

2.3.1.1. Análisis de Riesgos HAZOP. El Análisis de Amenazas Operacionales HAZOP (Hazard and Operability Analysis) es una herramienta analítica, cualitativa y sistemática, empleada para realizar identificaciones y evaluaciones de amenazas en instalaciones de proceso. El desarrollo del análisis HAZOP implica la aplicación de palabras guía (Ej.: no, más, menos, etc.) a los parámetros o condiciones de operación (Ej.: presión, flujo, etc.) del sistema bajo estudio para simular desviaciones (Ej.: no flujo, más nivel, etc.) respecto a la intención de diseño u operación del elemento analizado, de tal manera que se puedan

encontrar las respuestas a las desviaciones y dirimir el estudio hacia las recomendaciones. Estas desviaciones se aplican a elementos o conjuntos de elementos específicos previamente identificados del sistema denominados Nodos.

2.3.1.2. Metodología del Análisis. HAZOP. El desarrollo del estudio HAZOP se lleva a cabo en tres etapas fundamentales:

Identificación de nodos: Inicialmente se divide el sistema en nodos o elementos (o grupos de elementos) de interés, los cuales son sujeto de evaluación. La identificación de los nodos se facilita analizando la función (intención) de los elementos y sus condiciones de operación. Generalmente, un nodo se conforma por uno o varios elementos o subsistemas cuya función y condiciones de operación sean similares o cercanas.

Desarrollo del análisis: Identificados los nodos, se procede al desarrollo de las sesiones de trabajo del HAZOP. Las etapas previstas durante las sesiones son mostradas en el diagrama de flujo de la Figura 2.1. El desarrollo de la metodología HAZOP, se realiza causa por causa (CPC), en la cual, para cada desviación, se determinan sus posibles causas, y a cada causa seleccionada, se establecen sus consecuencias y los sistemas de protección existentes.

Dentro del desarrollo de taller HAZOP, los principales ítems a tener en cuenta son los desarrollados a continuación.

- **Palabras Guía:** HAZOP emplea una serie de palabras previamente determinadas por quienes desarrollaron la técnica, denominadas palabras guía. Estas son palabras sencillas que permiten cualificar o cuantificar las desviaciones creadas sobre la intención de diseño, y estimulan a la lluvia de ideas o pensamiento creativo que permite la identificación de las amenazas existentes en el sistema. Las palabras guía y su significado son presentados

en la Tabla 2.1. Es importante aclarar que las desviaciones solo se consideran, si esta afecta la intención del nodo que se está evaluando, es decir, una desviación de menos flujo, puede en dado caso no afectar la operación del elemento en cuestión en el momento del análisis.

- **Causas:** Son los eventos que originan una desviación, y dependen del tipo de falla, pueden ser por error humano, fallo de equipo, instrumento o componentes, fallo de suministro, evento de emergencia u operaciones anormales.
- **Consecuencias:** Son los efectos sobre la operación que puede determinar la ocurrencia de las causas. Generalmente se considera cambio en las condiciones químicas, cambio de cantidades y cambio de condiciones físicas.
- **Salvaguardas:** Aquí se consideran los tipos de respuesta con que cuenta la operación para atender la desviación, tales como, alertas y salvaguardas que puede tener, la operación de control, fallo de algún equipo o error humano.

Recomendaciones: Identificadas las causas, consecuencias potenciales, condiciones peligrosas y las respuestas del sistema para las desviaciones planteadas en cada nodo analizado, se evalúa si las condiciones actuales de operación o de seguridad del sistema son adecuadas y suficientes, o si es necesario mejorarlas. Cabe mencionar, que en caso de que se consideren no suficientes, se realizarían las recomendaciones que se crean convenientes.

Para cada recomendación realizada se asigna una prioridad y un responsable que puede ser una persona, un departamento o varios departamentos, según sea el caso.

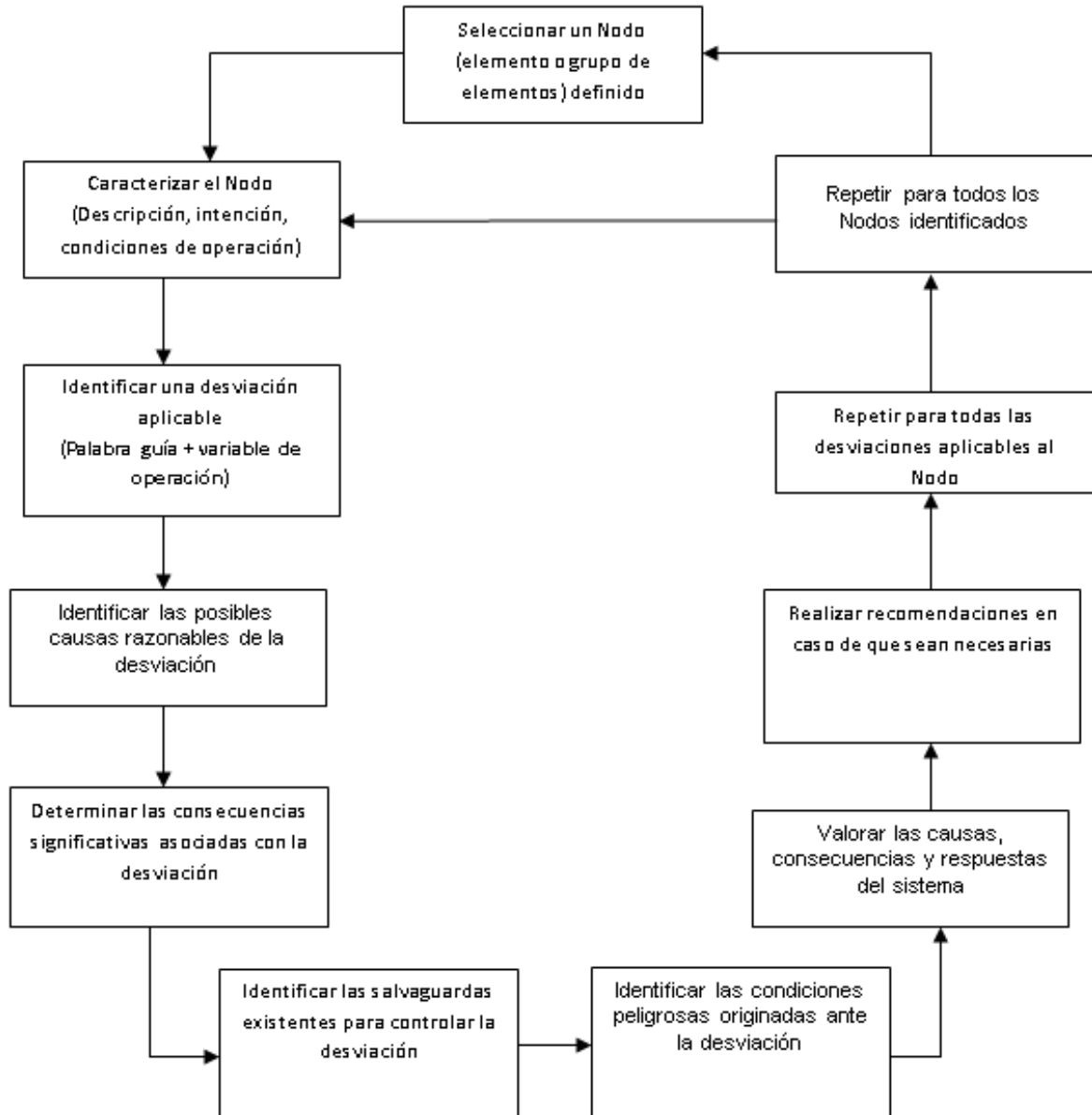
Informe del estudio: El informe del estudio presenta los resultados obtenidos durante el análisis HAZOP. Este incluye las causas de las amenazas y problemas operacionales identificados, junto a las consecuencias y recomendaciones sobre

cambio o revisión de diseños, procedimientos o elementos que permitan mejorar el sistema.

Tabla 1. Palabras guía y su significado.

PALABRA GUÍA	SIGNIFICADO	EJEMPLO
No	No se obtiene la intención prevista en el diseño.	No flujo
Más	Aumento cuantitativo sobre la intención de diseño.	Mas presión
Menos	Disminución cuantitativa sobre la intención de diseño.	Menos temperatura
Además de	Aumento cualitativo. Se consiguen las intenciones de diseño y algo más.	Además de gas presencia de crudo
Parte de	Disminución cualitativa. Solo se obtiene parte de la intención esperada	Parte de químico inyectado
Inverso	Se obtiene la intención contraria a la deseada.	Flujo inverso
Otro	Modo alternativo. Otro hecho que pueda ocurrir.	Escape o derrame

Figura 3. Diagrama de flujo implementado en el análisis HAZOP



Fuente: Empresa TGI S.A. E.S.P.

2.3.2. Métodos Semi-cuantitativos para el Análisis de Riesgos

En los análisis semi-cuantitativos, a las escalas cualitativas le son asignados valores. Emplean índices globales de potencial de riesgo, estimado a partir de las

estadísticas de plantas semejantes o de disposición general. Estos métodos son útiles para lograr comparaciones entre:

- Distintas plantas existentes.
- En una misma planta, antes y después de modificaciones.
- Entre procesos diferentes ligados a un mismo fin.
- Entre alternativas de diseño.

Ejemplos:

- Análisis de riesgos con evaluación del riesgo intrínseco
- Análisis de los modos de los fallos, efectos y Criticidad (FEMAC)
- Método de Dow: Índice de fuego y explosión
- Método de ICI: Índices de Mond
- Método de UCSIP

2.3.3. Métodos Cuantitativos para el Análisis de Riesgos

El análisis cuantitativo emplea valores numéricos, (en lugar de las escalas descriptivas empleadas en los análisis cualitativo y semi-cuantitativo). Tanto para las consecuencias, como para la probabilidad, se emplean datos de una variedad de distintas fuentes. Su objeto es expresar la información en términos probabilísticos. Incluye un análisis crítico con cálculos y estructuras, para establecer la probabilidad de ocurrencia de sucesos complejos.

Ejemplos:

- Análisis cuantitativo mediante árboles de fallos (FTA).
- Análisis cuantitativo mediante árboles de sucesos.
- Análisis cuantitativo de causas y consecuencias.

2.4. CLASIFICACIÓN DE RIESGOS SEGÚN LAS CONDICIONES A QUE PERTENECEN

2.4.1. Condiciones Físicas

Factores ambientales, de naturaleza física, que al ser percibidos por las personas pueden provocar efectos adversos a la salud, según sea la intensidad, exposición y concentración de los mismos.

Ejemplos: ruido, temperaturas extremas, radiaciones ionizantes no ionizantes, iluminación inadecuada, vibraciones, presiones anormales.

2.4.2. Condiciones Químicas

Se refiere a las sustancias químicas orgánicas e inorgánicas, naturales o sintéticas, que durante la fabricación, manejo, transporte, almacenamiento o uso, pueden entrar en contacto con el organismo por inhalación, ingestión o absorción, ocasionando problemas en la salud según sea su concentración y tiempo de exposición.

Ejemplos: contacto con productos irritantes o alergénicos, inhalación de productos químicos tóxicos, polvos, entre otros.

2.4.3. Condiciones de Seguridad

- *Mecánicos*: se refiere a aquellos objetos, máquinas, equipos, herramientas e instalaciones locativas, que por sus condiciones de funcionamiento, diseño o estado, tienen la capacidad potencial de entrar en contacto con las personas mediante atrapamiento o golpes, provocando lesiones.

Ejemplos: proyección de partículas, caída de alturas o al mismo nivel, atrapamientos en los sistemas de transmisión o puntos de operación de equipos.

- *Eléctricos*: hace referencia a los sistemas eléctricos de las máquinas, equipos e instalaciones locativas, que conducen o generan energía dinámica o estática y que al entrar en contacto con las personas, por deficiencias técnicas o humanas, pueden provocar lesiones, según sea la intensidad y el tiempo de contacto.

Ejemplos: contacto indirecto (con máquinas y equipos sin la debida puesta a tierra), contacto directo (con controles y sistemas eléctricos energizados), electricidad estática (descargas en atmósferas inflamables o explosivos, movimientos involuntarios de las personas debido a descargas de estática).

- *Físico-Químicos*: abarca todos aquellos objetos, materiales combustibles, sustancias químicas y fuentes de calor, que bajo ciertas circunstancias de inflamabilidad o combustibilidad pueden desencadenar incendios y explosiones, que traen como consecuencia lesiones personales y daños materiales.

Ejemplo: incendio y explosiones

2.4.4. Condiciones Biológicas

Se refieren a un grupo de microorganismos con características patogénicas y aquellos residuos que por sus características físico-químicas pueden ser tóxicos para las personas, que entran en contacto con ellas, desencadenando enfermedades.

Ejemplos: contacto con líquidos corporales contaminados, inhalación de microrganismos patógenos, contacto con macro organismos (mamíferos, roedores, etc.).

2.4.5. Condiciones Ergonómicas

Son todos los objetos, puestos de trabajo, máquinas, mesas y herramientas, que por el peso, tamaño, forma o diseño, encierran la capacidad de producir fatiga física o lesiones osteomusculares, por los sobreesfuerzos, posturas o movimientos inadecuados que se pueden presentar durante el desarrollo de la actividad.

Ejemplos: sobreesfuerzos, movimientos repetitivos o posturas estáticas de una articulación, estiramientos frecuentes de brazos con carga, posturas prolongadas e incómodas de pie o sentado, flexión de tronco.

2.4.6. Condiciones Psicosociales

- *Organizativas*: se refieren a la relación entre las condiciones de trabajo de tipo organizativo y las necesidades, valores y expectativas del trabajador que generan cambios psicológicos del comportamiento (agresividad, ansiedad, insatisfacción...) trastornos físicos o psicosomáticos.

Ejemplos: altos ritmos de trabajo, supervisión estricta, monotonía en la tarea, conflictos interpersonales.

- *Humanas*: son todos aquellos factores que tienen que ver con los hábitos o conductas inseguras, así como con la vulnerabilidad individual (características biológicas y orgánicas de las personas).

Ejemplos: limpieza o lubricación con máquina en movimiento, omitir el uso de protección personal, trabajar a velocidad insegura, poca habilidad y aptitud de aprendizaje, deficiencias físicas, poca motivación para el trabajo, tensión física y mental.

- *Condiciones de saneamiento y medio ambiente:* se refiere a todos aquellos factores que generan deterioro ambiental y consecuencias en la salud de la comunidad en general.

Ejemplos: acumulación de basuras, disposición de aguas contaminadas, disposición de excretas, emisiones ambientales.

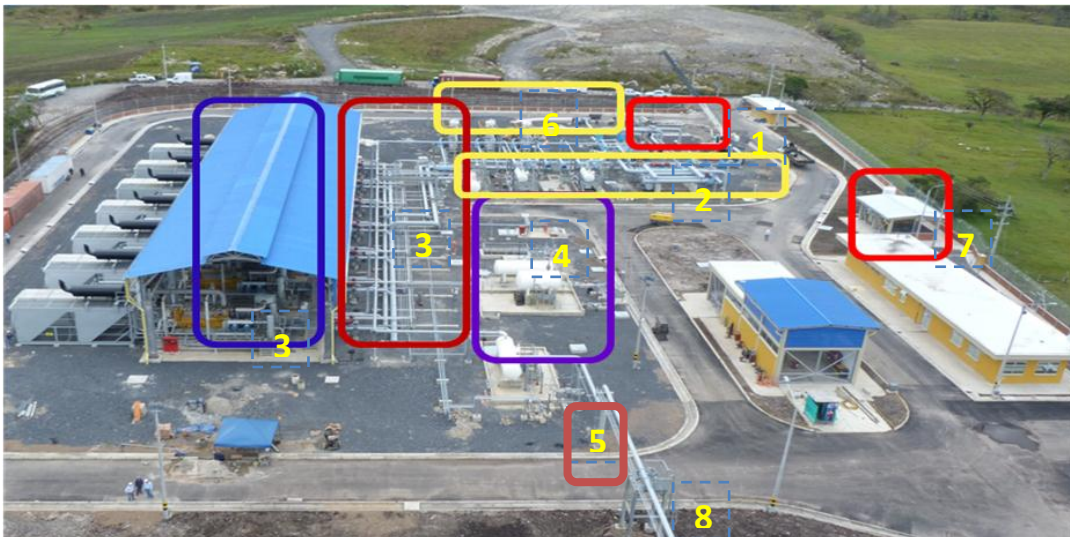
3. DOCUMENTACIÓN DEL ANÁLISIS HAZOP

3.1. IDENTIFICACIÓN DE NODOS

Con base en la revisión de los P&ID, en la Tabla 5 se muestran los nodos estudiados durante el análisis HAZOP. Igualmente la Tabla 6 resume las desviaciones según nodos identificados en la Tabla 5.

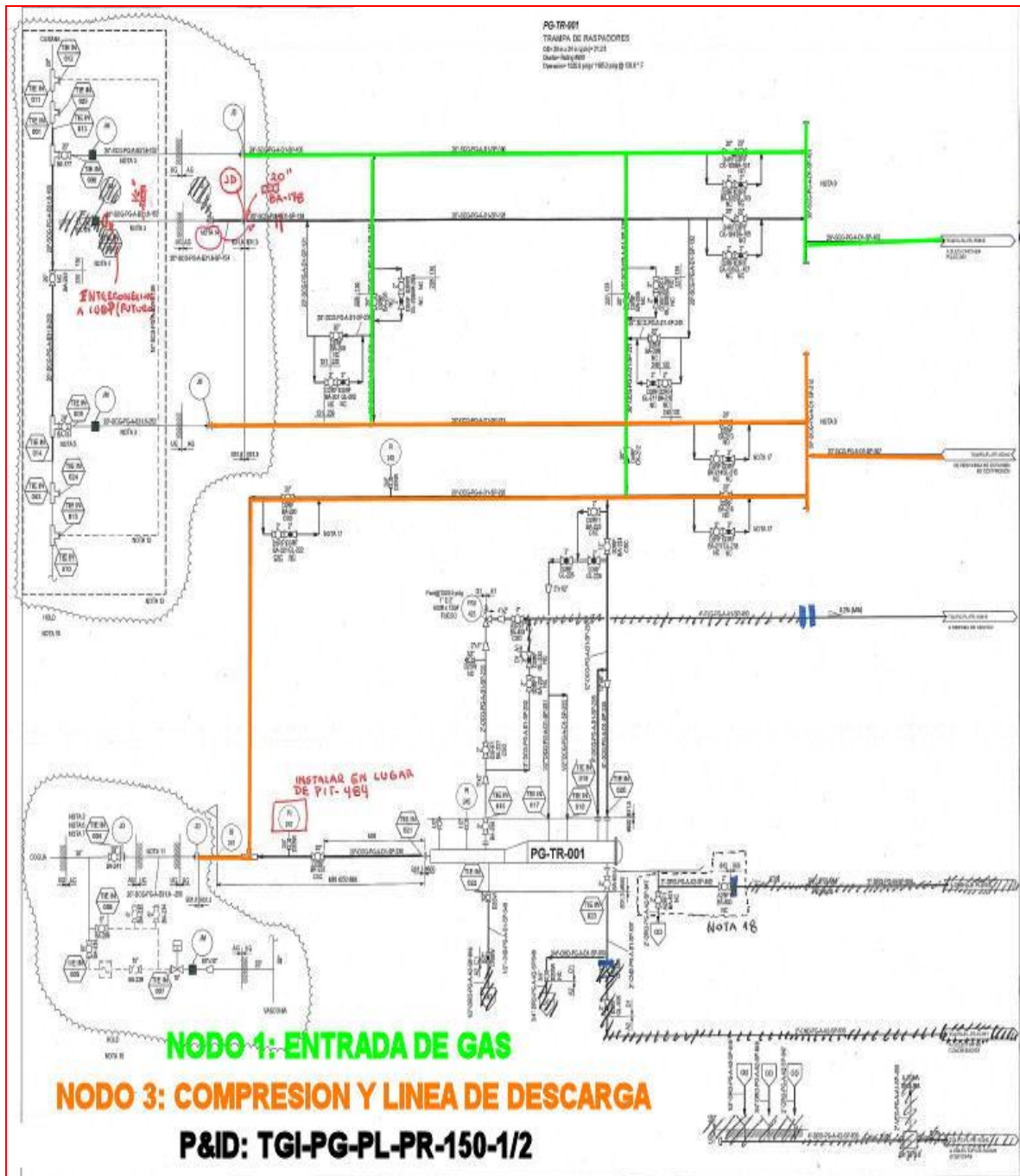
Es importante mencionar que algunos de los nodos no fueron detallados en este análisis HAZOP, por estar contemplados sólo durante la operación definitiva. A manera de guía se presenta gráficamente en las Figura 4 a 13, la demarcación de los nodos seleccionados para el análisis. Estas representaciones no remplazan los P&ID y su inclusión en este análisis, es solo para fines de ubicación de los nodos dentro de los planos reales de presentación.

Figura 4. Identificación de Nodos.



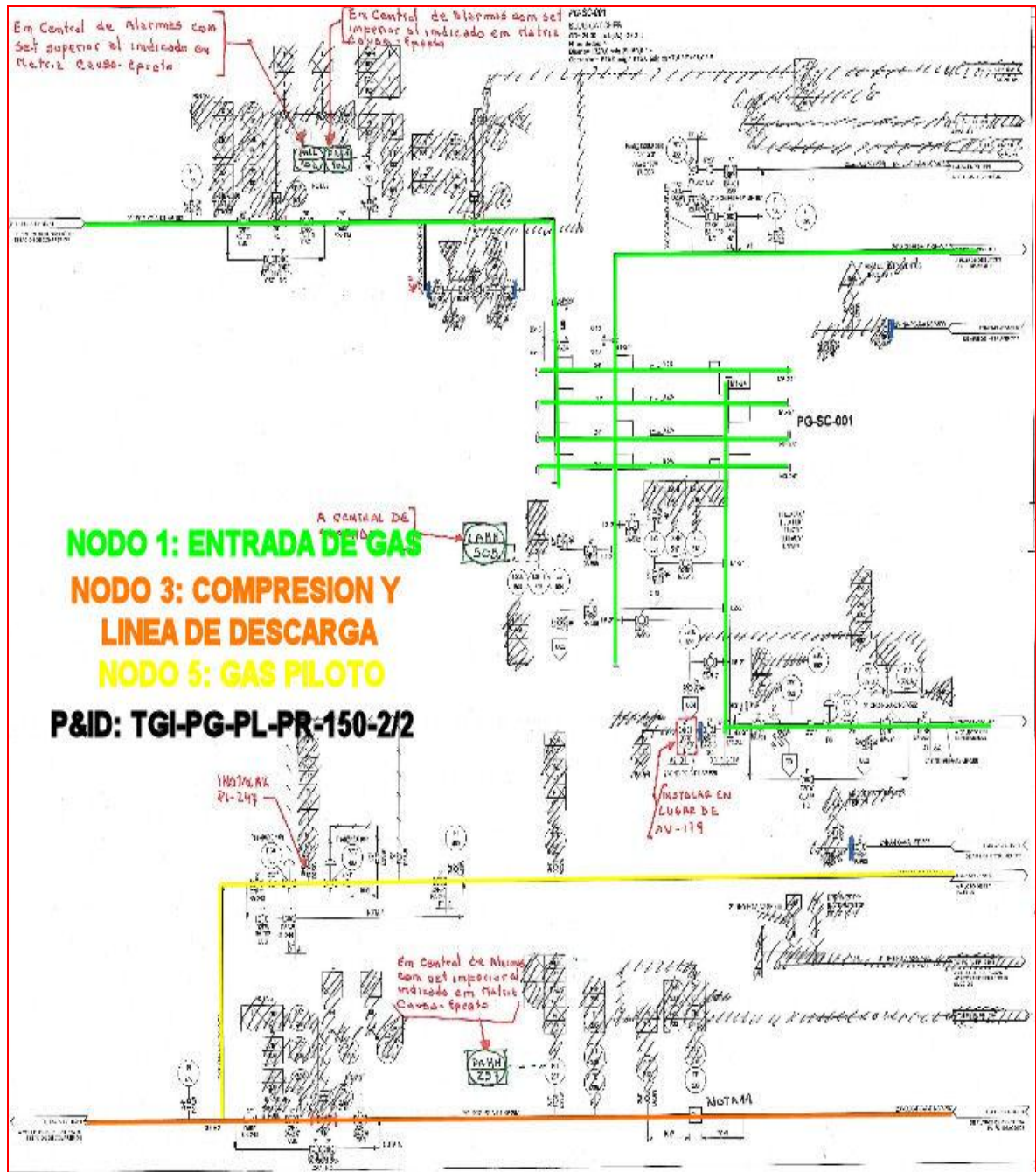
Fuente: Empresa TGI S.A: E.S.P

Figura 5. Entrada de la estación.



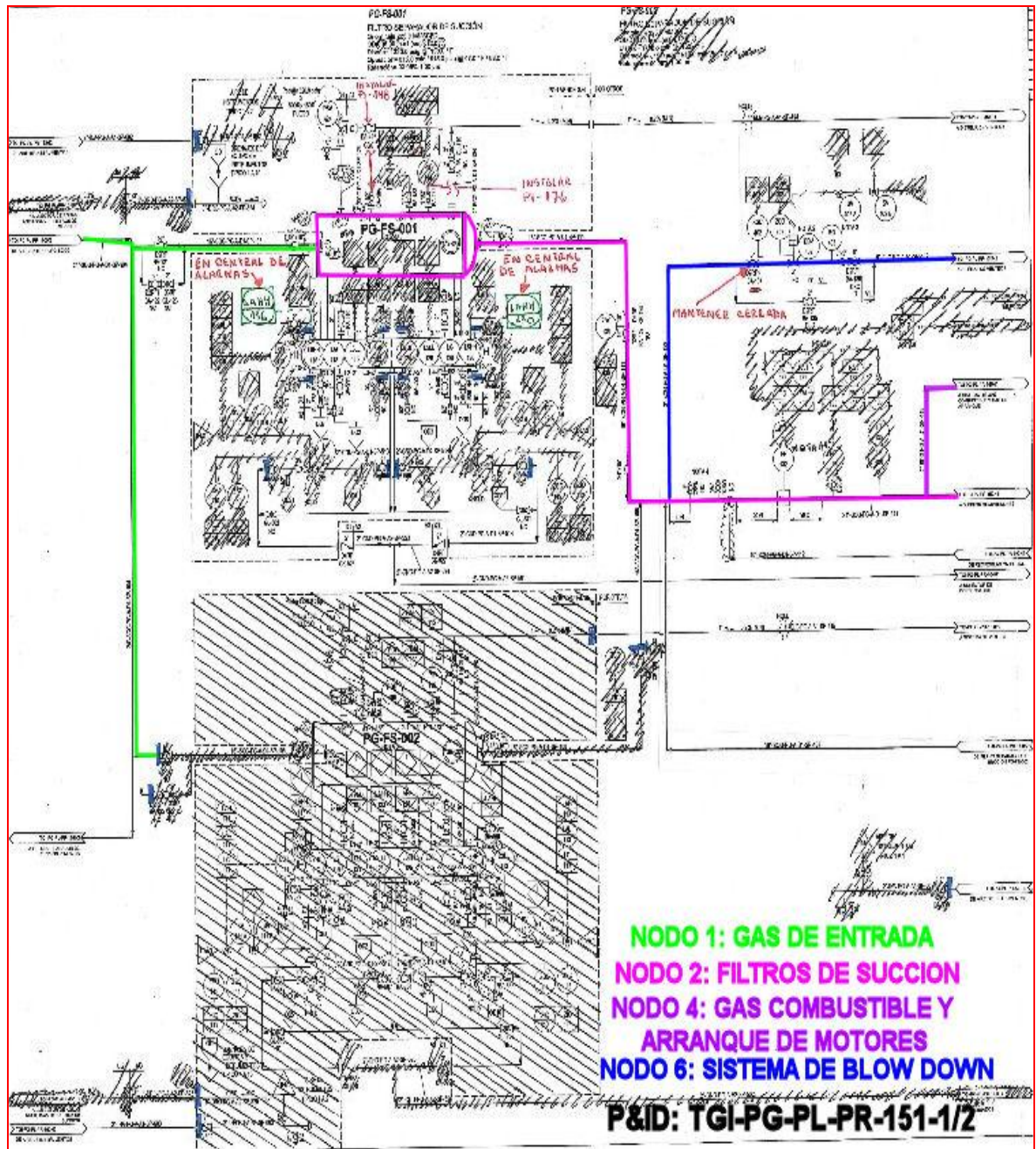
Fuente: Empresa TGI S.A: E.S.P

Figura 6. Slug cácher.



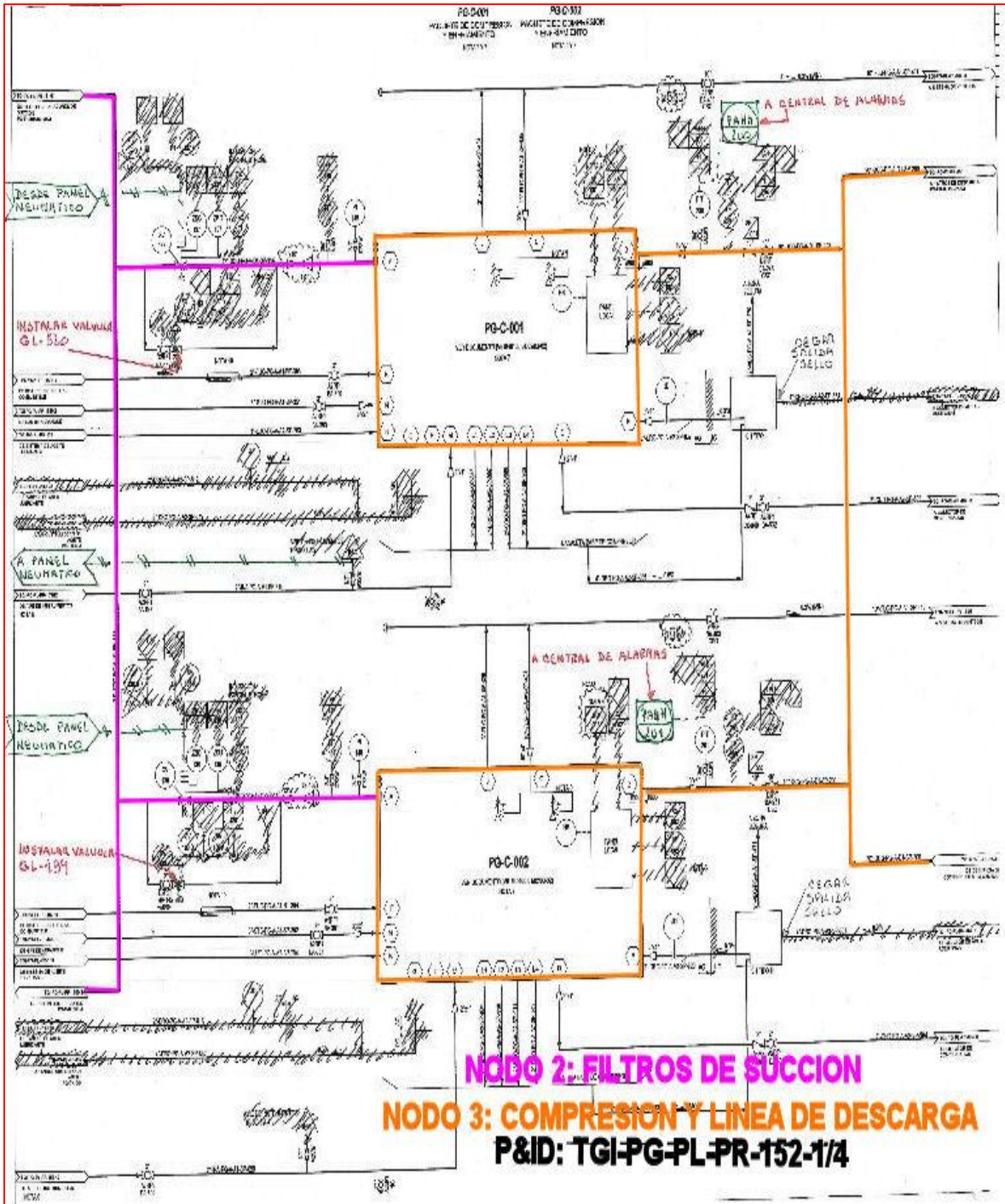
Fuente: Empresa TGI S.A: E.S.P

Figura 7. Filtro de succión de compresores.



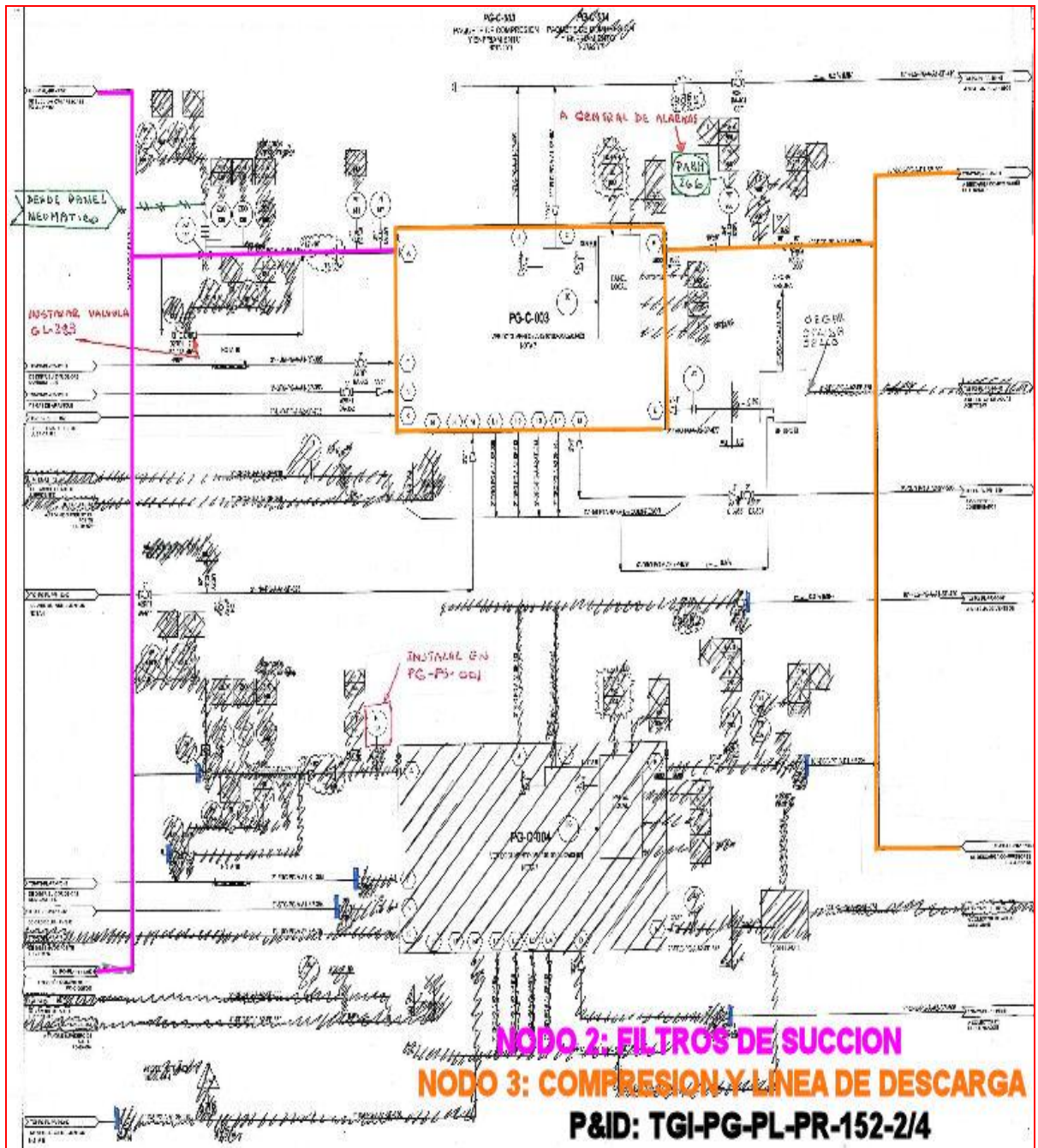
Fuente: Empresa TGI S.A: E.S.P

Figura 8. Sistema de compresores.



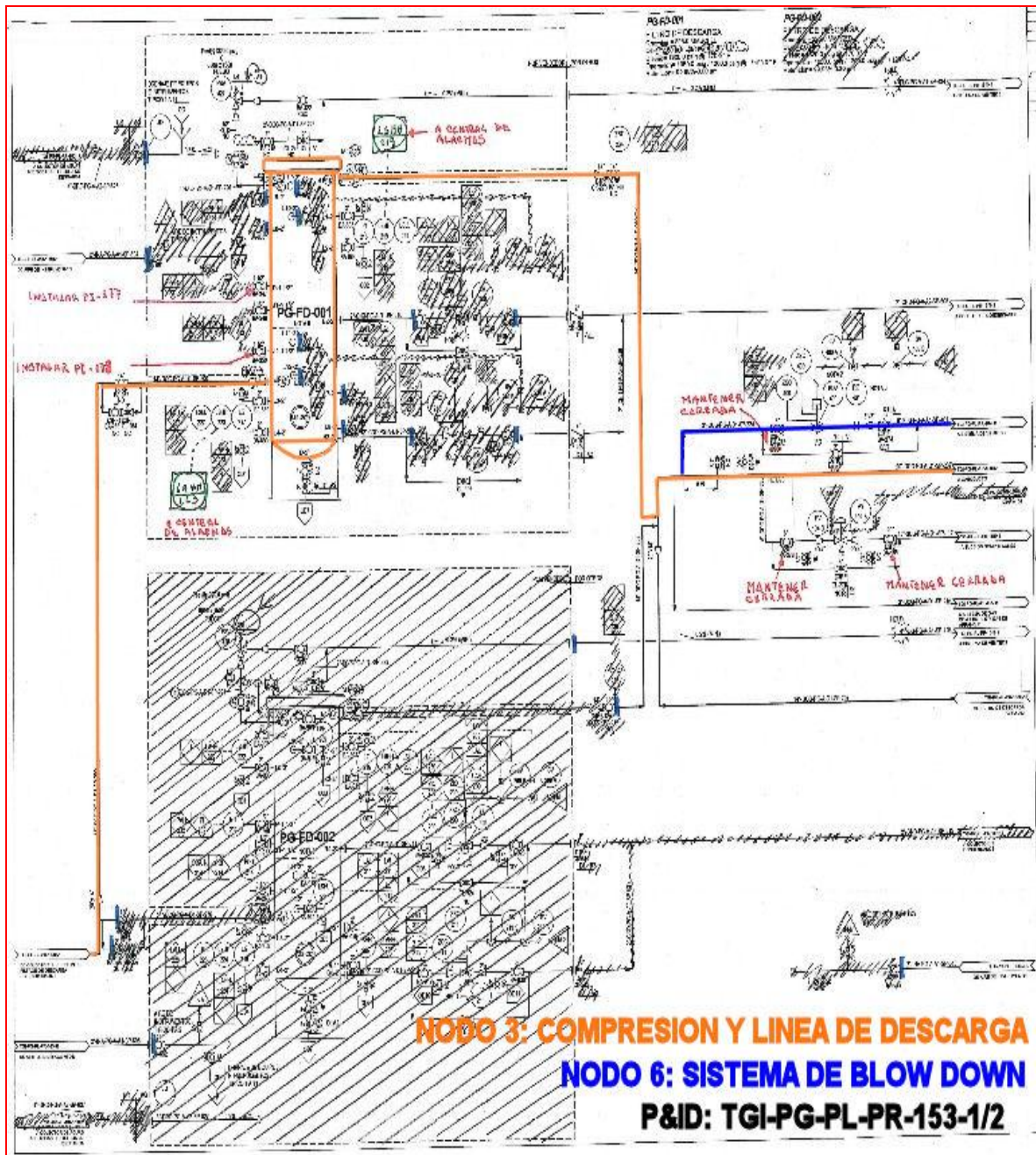
Fuente: Empresa TGI S.A: E.S.P

Figura 9. Compresor de respaldo.



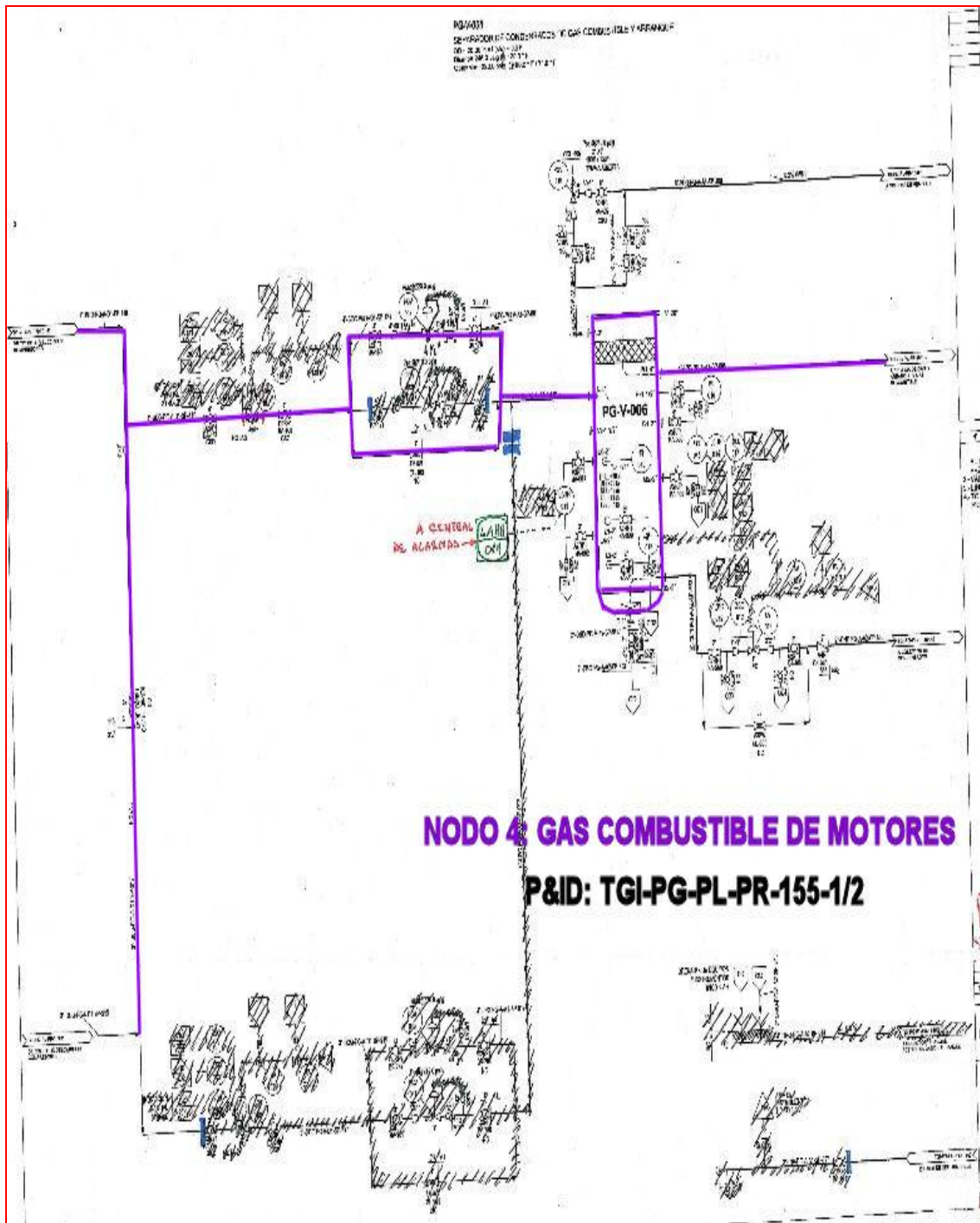
Fuente: Empresa TGI S.A: E.S.P

Figura 10. Filtro de descarga de compresores.



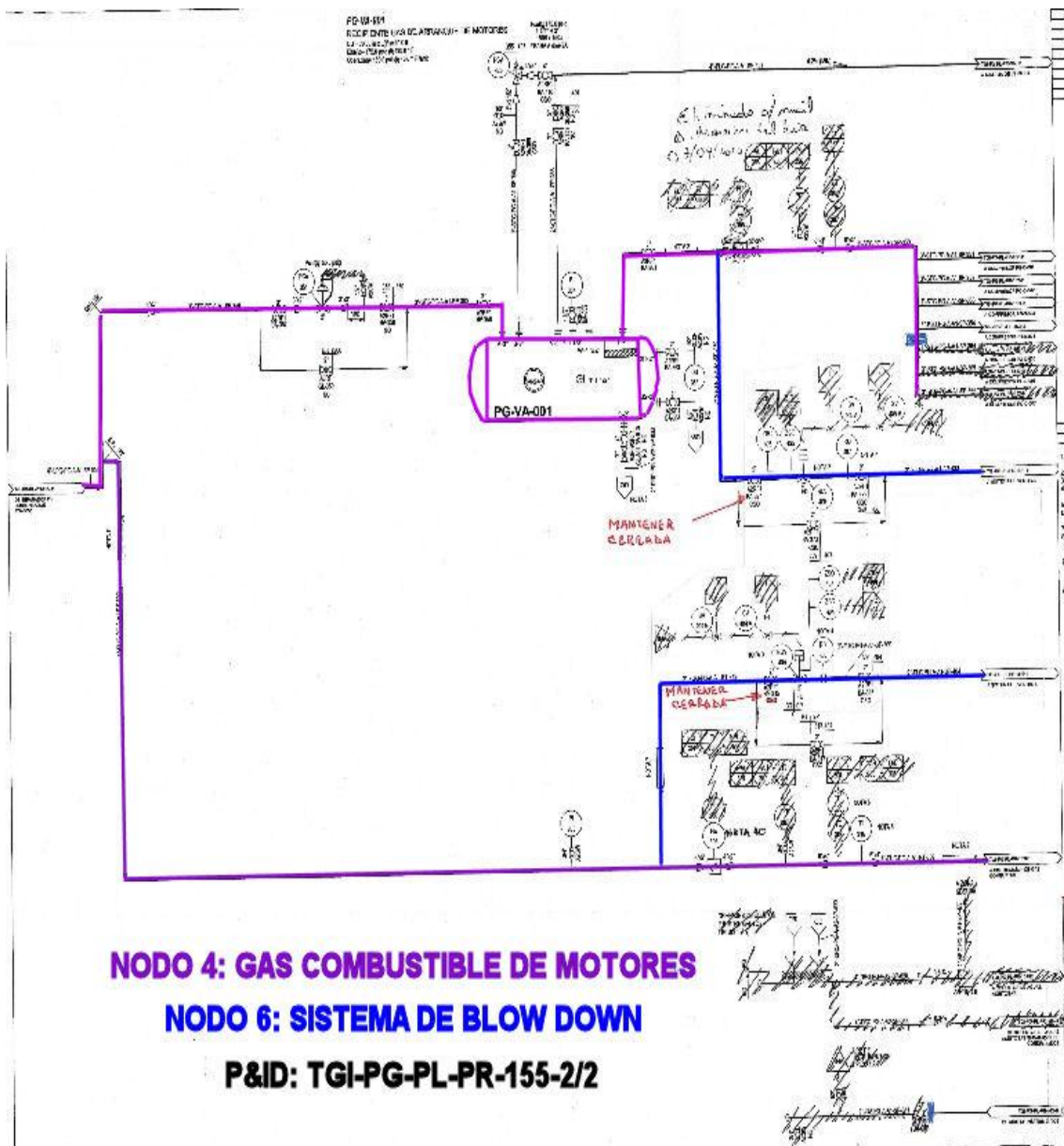
Fuente: Empresa TGI S.A: E.S.P

Figura 11. Sistema de gas combustible.



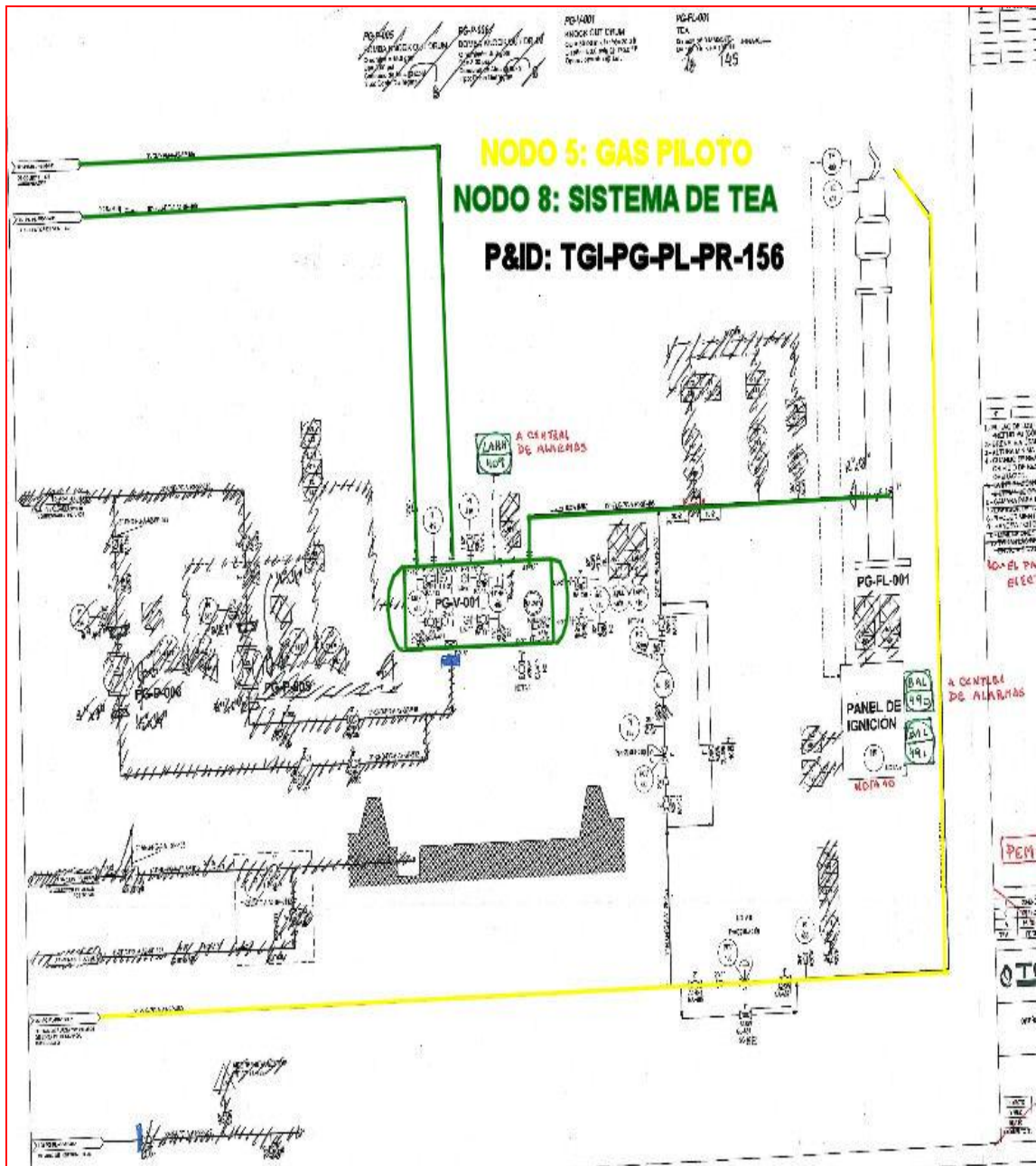
Fuente: Empresa TGI S.A: E.S.P

Figura 12. Distribución de gas combustible y arranque de motores.



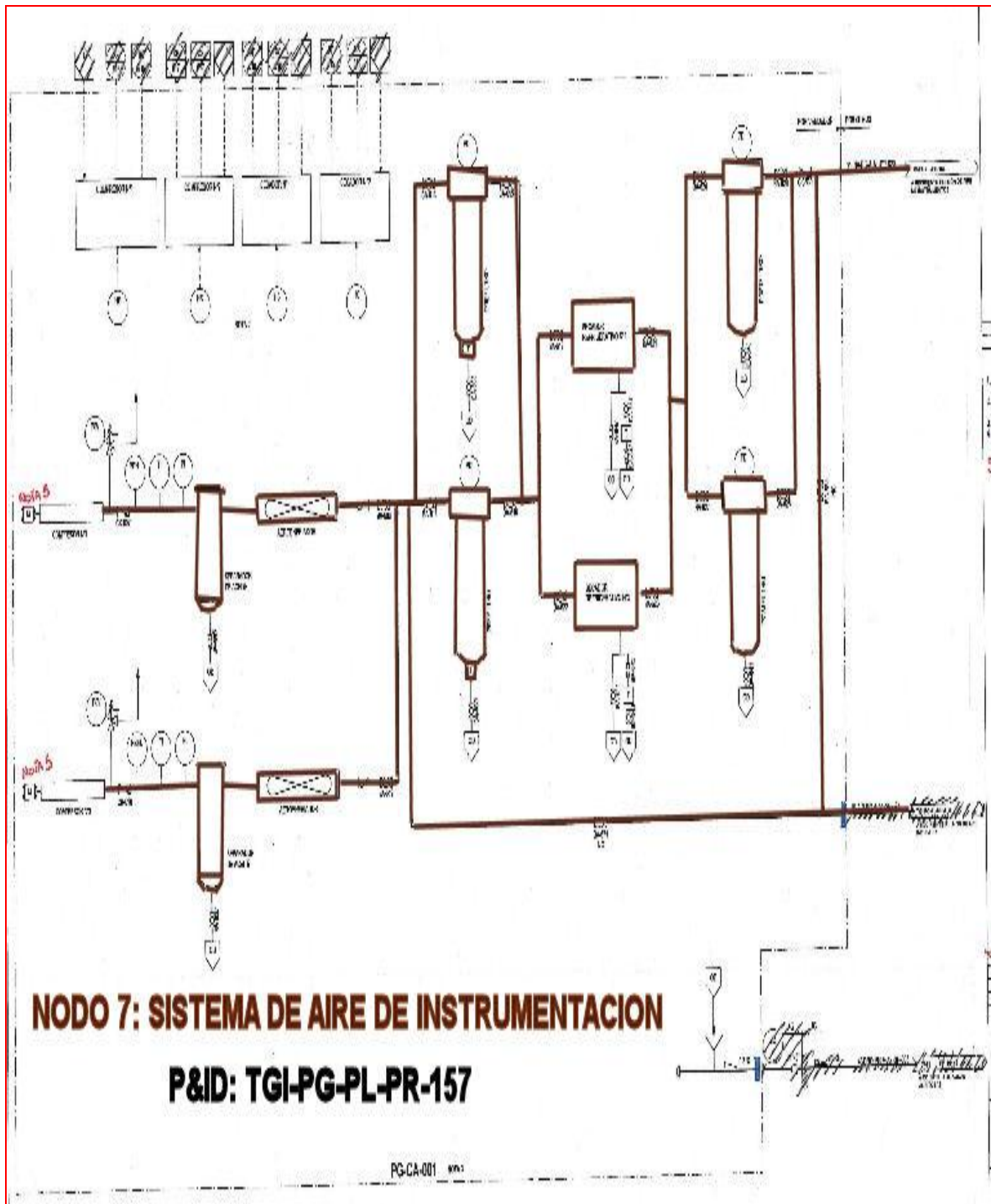
Fuente: Empresa TGI S.A: E.S.P

Figura 13. Sistema de TEA.



Fuente: Empresa TGI S.A: E.S.P

Figura 14. Sistema de aire de instrumentación.



Fuente: Empresa TGI S.A: E.S.P

Tabla 3. Identificación de nodos.

Nodos	PARÁMETROS DE DISEÑO	# PID	IDENTIFICACION EQUIPOS	INTENCIÓN
1. ENTRADA DE GAS HASTA FILTROS DE SUCCION (INCLUYE SLUG CATCHER)	150 - 225 MMSCFD / 600 - 900 PSI / ANSI 600 / TEMP: 97 ° F	TGI-PG-PL-PR-150-1/2 TGI-PG-PL-PR-150-2/2 TGI-PG-PL-PR-151-1/2	SlugCatcher SC-001	Transferir el gas desde la válvula de entrada del gasoducto hacia el filtro de succión.
2. FILTROS DE SUCCION Y LINEAS DE SUCCION	150 -225 MMSCFD / 600 - 900 PSI / ANSI 600 / TEMP: 97 ° F	TGI-PG-PL-PR-151-1/2 TGI-PG-PL-PR-152-1/4 TGI-PG-PL-PR-152-2/4	Filtro FS-001	Retirar los líquidos que pueda contener el gas de entrada para transferencia hacia los compresores.
3. COMPRESION Y LINEA DE DESCARGA	150 225 MMSCFD / 1050 - 1200 PSI / ANSI 600 / 120 ° F	TGI-PG-PL-PR-150-2/2 TGI-PG-PL-PR-150-1/2 TGI-PG-PL-PR-152-1/4 TGI-PG-PL-PR-152-2/4 TGI-PG-PL-PR-153-1/2	Compresores C-001/002/003/004, Filtro FD-001	Comprimir el gas y retiro de líquidos condensados para transferencia hacia el gasoducto.
4. GAS COMBUSTIBLE DE MOTORES (Consumo / arranque)	220 PSI / 150 PSI / ANSI 150 EN 2° REGULACION	TGI-PG-PL-PR-151-1/2 TGI-PG-PL-PR-155-2/2 TGI-PG-PL-PR-155-1/2		Suministrar el gas para operación de los motores de combustión y arranque de los compresores.
5. GAS PILOTO	1° REGULACION: 40 PSI/ 2° REGULACION: 10 PSIG	TGI-PG-PL-PR-150-2/2 TGI-PG-PL-PR-156		Suministro continuo de gas para mantener encendido el piloto de la tea.
6. SISTEMA DE BLOW DOWN		TGI-PG-PL-PR-151-1/2 TGI-PG-PL-PR-155-2/2 TGI-PG-PL-PR-153-1/2		Desocupar el gas contenido en la estación a través de apertura de válvulas manuales.
7. AIRE DE INSTRUMENTOS	PRES OPERACION: 100 -120 PSI / ANSI 150 / TIEMPO AUTONOMIA: 15 MINUTOS	TGI-PG-PL-PR-157	Paquete de servicio	Suministrar gas a instrumentos.
8. SISTEMA DE TEA		TGI-PG-PL-PR-156		Recibir los alivios de la estación, almacenando las descargas líquidas y quemando las gaseosas.
9. SISTEMA EN GENERAL				

Tabla 4. Desviaciones analizadas.

Parámetros	Palabras guías	Más	Menos	Ninguna	Inverso	Parte de	Además de	Otros
Nodo 1. ENTRADA DE GAS HASTA FILTROS DE SUCCION								
Flujo		Sobreflujo	Suministro parcial	No suministro	Reverso			
Presión		Presurización	Despresurización					
Nivel SLUG CATCHER		Rebose	Vaciado					
Nodo 2. FILTROS DE SUCCION Y LINEAS DE SUCCION								
Flujo		Sobreflujo	Suministro parcial	No suministro	Reverso			
Presión		Presurización	Despresurización					
Desempeño de Filtración							Ineficiencia	
Nivel en Cámara de filtración		Rebose	Desalojo					
Nodo 3. COMPRESION Y LINEA DE DESCARGA								
Flujo		Sobreflujo	Suministro parcial	No suministro	Reverso			
Presión		Presurización	Despresurización					
Nivel de Filtros		Rebose	Desalojo					
Desempeño de Filtración							Ineficiencia	
Temperatura		Calentamiento						
Nodo 4. GAS COMBUSTIBLE DE MOTORES (Consumo / arranque)								
Flujo		Sobreflujo	Suministro parcial	No suministro	Reverso			
Presión		Presurización	Despresurización					
Calidad							Líquidos	
Nodo 5. GAS PILOTO								
Nodo 6. SISTEMA DE BLOW DOWN MANUAL								
Operación							Anormalidad	
Nodo 7. SISTEMA DE AIRE INDUSTRIAL								
Flujo			Suministro parcial	No suministro				
Nodo 8. SISTEMA DE TEA								
Nivel K.O Drum		Rebose	Vaciado					

Nodo 9. SISTEMA EN GENERAL							
Desempeño Eléctrico						Ineficiencia	
Fugas						Pérdida de Contención	
Riesgos						Incendio Externo	
Riesgos						Amenazas Naturales	

3.2. DESARROLLO DEL HAZOP

Definidos los nodos, su intención y las desviaciones aplicables a cada uno ellos, se desarrollaron las sesiones del estudio HAZOP de acuerdo con el diagrama de flujo de la Figura 2.1, registrando los resultados de las discusiones en una hoja de trabajo prevista para tal procedimiento.

3.3. RESULTADOS DEL HAZOP

El resultado principal de todo HAZOP, son las recomendaciones que se emanan del mismo, por tal razón se consideran por separado, para cada nodo, un análisis independiente junto con sus respectivas recomendaciones, los cuales se muestran en las tablas que van desde la 3.3 a la 3.12.

Tabla 5. Análisis HAZOP para el nodo 1.

Nodo: 1. ENTRADA DE GAS HASTA FILTROS DE SUCCION (INCLUYE SLUG CATCHER)	P&ID No.: TGI-PG-PL-PR-150-1/2; TGI-PG-PL-PR-150-2/2; TGI-PG-PL-PR-151-1/2
Tipo: Operación Continua	ID Equipo:
Condiciones de Diseño / Parámetros: 150 - 225 MMSCFD / 600 - 900 PSI / ANSI 600 / TEMP: 97° F	

Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Responsable
1.1. NO / MENOS FLUJO				
1. Cierre de válvula de entrada a la estación BA-177	1. Pérdida de capacidad de transporte	1. Procedimiento operacional 2. Capacitación de personal 3. Alarma de baja presión en PIT-102	1. Socializar los procedimientos operacionales de la estación con el personal operativo del distrito (gasoducto).	TGI
2. Apertura de la línea de bypass hacia Vasconia	1. Pérdida de capacidad de transporte	1. Procedimiento operacional 2. Capacitación de personal 3. Indicación de presión en succión de compresor	1. Socializar los procedimientos operacionales de la estación con el personal operativo del distrito (gasoducto).	TGI
3. Apertura de la línea de bypass hacia Cogua	1. Pérdida de capacidad de transporte	1. Procedimiento operacional 2. Capacitación de personal	2. Instalar tarjeta con candado para la válvula manual BA-206 y su válvula de bypass BA-207 localizadas en la derivación hacia Cogua.	TGI
4. Cierre de válvula manual BA-101	1. Pérdida de capacidad de transporte	1. Procedimiento operacional 2. Capacitación de personal 3. Alarma de baja presión en PIT-102	3. Asegurar divulgación al personal de la estación, de los procedimientos operacionales relacionados con la operación temprana.	TGI
5. Cierre de válvula manual BA-109/110	1. Pérdida de capacidad de transporte	1. Procedimiento operacional 2. Capacitación de personal 3. Indicación de presión en succión de compresor 4. Alarma de baja presión en PIT-102	3. Asegurar divulgación al personal de la estación, de los procedimientos operacionales relacionados con la operación temprana.	TGI
6. Cierre de válvula manual BA-121 de entrada al filtro	1. Pérdida de capacidad de transporte	1. Procedimiento operacional 2. Capacitación de personal 3. Indicación de presión en succión de compresor 4. PIT-176 /148		
1.2. MAS FLUJO				
1. Operación simultánea de compresores en estaciones aguas arriba con empaquetamiento de la línea	1. Aumento de presión 2. Deterioro de los elementos filtrantes	1. Procedimiento de coordinación entre estaciones 2. Alarma de alta presión en PIT-102 3. Procedimiento operacional para control de unidades	4. Configurar en el PIT-102 el setting de alta presión de succión de compresión.	CST

Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Responsable
1.3. FLUJO INVERSO				
1. Rotura del gasoducto aguas arriba de la estación	1. Pérdida de capacidad de transporte	1. Válvula de cheque en entrada de la estación		
2. Apertura de la línea de bypass BA-203	1. Pérdida de capacidad de transporte	1. Procedimiento operacional 2. Capacitación de personal	5. Instalar tarjeta con candado para la válvula manual BA-203 y su válvula de bypass BA-204 localizada en derivación hacia Vasconia.	TGI
1.4. MAS PRESION				
1. Cierre de la válvula manual a la entrada de los filtros de succión	1. Pérdida de capacidad de transporte	1. Procedimiento operacional 2. Capacitación de personal	4. Configurar en el PIT-102 el setting de alta presión de succión de compresión.	CST
1.5. MENOS PRESION				
1. Rotura de líneas aguas arriba	1. Pérdida de capacidad de transporte	1. Válvula de cheque		
2. Bajo empaquetamiento aguas arriba	1. Pérdida de capacidad de transporte	1. Apagado del compresor por baja succión 2. Alarma de baja presión en PIT-102		
1.6. MAS NIVEL DE LIQUIDO EN SLUG CATCHER				
1. Baches mayores al presupuestado	1. Arrastre de liquido	1. Alarma de alto alto nivel LAHH-505		
2. No detección del alto nivel en el slugcatcher	1. Arrastre de liquido	1. Alarma de alto alto nivel LAHH-505		
3. Falla en válvula manual GL-565	1. Arrastre de liquido	1. Alarma de alto alto nivel LAHH-505 2. Operación manual de la LV-502		
1.7. MENOS NIVEL DE LIQUIDO EN SLUG CATCHER				
1. Válvula de drenaje abierta	1. Alto nivel en K.O Drum	1. Procedimiento operacional y mantenimiento		
	2. Presencia de gas en el colector de condensados	2. Visor de nivel con indicación magnética		
	3. Pérdida por quema de gas	3. Indicación de aumento de llama en tea		
		4. Sistema de tea		

Tabla 6. Análisis HAZOP para el nodo 2.

Nodo: 2. FILTROS DE SUCCION Y LINEAS DE SUCCION	P&ID No.: TGI-PG-PL-PR-151-1/2; TGI-PG-PL-PR-152-1/4; TGI-PG-PL-PR-152-2/4
Tipo: Operación Continua	ID Equipo: Filtro FS-001
Condiciones de Diseño / Parámetros: 150 -225 MMSCFD / 600 - 900 PSI / ANSI 600 / TEMP: 97° F	

Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Responsable
2.1. NO / MENOS FLUJO				
1. Ver NO/ MENOS FLUJO - NODO 1	1. Pérdida de capacidad de transporte			
2. Taponamiento de filtros	1. Baja presión de succión	1. Indicador de presión PI-176/PI-148		
3. Ver MENOS NIVEL de acumulador de condensados del filtro	1. Paso de gas hacia el K.O Drum	1. Procedimiento operacional		
4. Falla cerrada de la XV-137/138/139	1. Pérdida de capacidad de transporte	1. Procedimiento operacional 2. Indicación de apagado del compresor		
5. Apertura de válvula manual de BA-134 en sistema de blowdown	1. Pérdida de gas por quema en tea	1. Procedimiento operacional 2. Indicación de aumento de llama en tea		
6. Taponamiento del "gorro de bruja"	1. Pérdida de capacidad de transporte	1. Indicación de apagado del compresor	6. Asegurar que existan las facilidades bridadas para desmonte de los gorros de bruja.	CST
	2. Baja presión de succión	2. PI-145/176		
2.2. MAS FLUJO				
1. Ver MAS FLUJO - NODO 1	1. Pérdida de energía de compresión 2. No se identifican consecuencias en este nodo			
2.3. FLUJO INVERSO				
1. Rotura de líneas aguas arriba	1. Pérdida de capacidad de transporte 2. Daño del filtro	1. Válvula de cheque aguas abajo del filtro		
2.4. MAS PRESION				
1. Cierre de válvula manual a la salida del filtro BA-127	1. Pérdida de capacidad de transporte	1. Procedimiento operacional		
	2. Aumento de presión en el filtro	2. Capacitación de personal		

Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Responsable
2. Calentamiento externo por incendio	1. Daño de filtros por sobrepresión	1. Válvulas de alivio PSV-424	7. Asegurar la existencia de extintores para control de llama en la estación.	CST
2.5. MENOS PRESION				
1. Ver MENOS PRESION - NODO 1	1. Operación anormal del compresor	1. Línea de recirculación interna del compresor		
2. Válvula manual de blowdown abierta	1. Pérdida de capacidad de transporte 2. Operación anormal del compresor	1. Procedimiento operacional		
2.6. ADEMÁS DE: PERDIDA DE EFICIENCIA DEL FILTRO				
1. Saturación de los elementos filtrantes	1. Arrastre de condensados y contaminantes 2. Daño en internos de compresores	1. Procedimiento de parada de la Estación 2. PI-176/148	8. Asegurar en bodega un stock de elementos filtrantes durante el arranque del sistema.	CST
2.7. MÁS NIVEL EN CAMARA INFERIOR DE FILTRACION				
1. No detección del alto en filtros	1. Arrastre de líquido hacia el gas	1. Alarma de alto nivel LAHH-116/130		
2. Falla en válvula manual GL-562/571	1. Arrastre de líquido hacia el gas	1. Alarma de alto nivel LAHH-116/130 2. Programa de mantenimiento		
2.8. MENOS NIVEL CAMARA FILTRO				
1. Apertura de drenajes manuales	1. Paso de gas hacia el K.O Drum	1. Visor de nivel LG 2. Indicación de aumento de llama en tea		

Tabla 7. Análisis HAZOP para el nodo 3.

Nodo: 3. COMPRESION Y LINEA DE DESCARGA	P&ID No.: TGI-PG-PL-PR-150-2/2; TGI-PG-PL-PR-150-1/2; TGI-PG-PL-PR-152-1/4; TGI-PG-PL-PR-152-2/4; TGI-PG-PL-PR-153-1/2
Tipo: Operación Continua	ID Equipo: Compresores C-001/002/003/004, Filtro FD-001
Condiciones de Diseño / Parámetros: 150 225 MMSCFD / 1050 - 1200 PSI / ANSI 600 / 120° F	

Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Responsable
3.1. NO / MENOS FLUJO				
1. Cierre de la válvula de corte de salida de compresores BA-248/251/253	1. Alta presión de compresores	1. Apagado de compresor por alta presión (protección interna del equipo)		
	2. Pérdida de capacidad de transporte	2. PSV de descarga del compresor		
		3. Alarma de alta presión en PIT-266/201/200		
2. Fugas en bridas	1. Atmosferas inflamables / explosivas	1. Precomisioning	7. Asegurar la existencia de extintores para control de llama en la estación.	CST
		2. Prueba de hermeticidad al sistema	9. Asegurar la presencia de detección de fuego durante el arranque temprano de la estación en área de compresores.	CST
3. Cierre de válvula manual de entrada al filtro BA-262	1. Pérdida de capacidad de transporte	1. Apagado de compresor por alta presión (protección interna del equipo)		
		2. PSV de descarga del compresor		
		3. Alarma de alta presión en PIT-266/201/200		
4. Taponamiento de filtros	1. Baja presión de succión	1. PI-177/178		
5. Ver MENOS NIVEL de	1. Paso de gas	1. Procedimiento operacional		

Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Responsable
acumulador de condensados del filtro	hacia el K.O Drum			
6. Cierre de válvula manual de salida del filtro BA-268	1. Pérdida de capacidad de transporte	1. Apagado de compresor por alta presión (protección interna del equipo)		
		2. Alarma de alta presión en PIT-266/201/200		
		3. PSV de descarga del compresor		
7. Falla abierta de la válvula de bypass del blowdown	1. Pérdida de capacidad de transporte	1. Procedimiento operacional		
	2. Pérdidas económicas por quema de gas	2. Indicación de aumento de llama en tea		
8. Cierre de válvulas manuales BA-236/237 sobre SDV de salida de la estación	1. Pérdida de capacidad de transporte	1. Apagado de compresor por alta presión (protección interna del equipo)	3. Asegurar divulgación al personal de la estación, de los procedimientos operacionales relacionados con la operación temprana.	TGI
		2. Alarma de alta presión en PIT-266/201/200		
		3. PSV de descarga del compresor		
9. Cierre de válvulas manuales BA-213/216 hacia Vasconia / Cogua	1. Pérdida de capacidad de transporte	1. Procedimiento operacional		
		2. Apagado de compresor por alta presión (protección interna del equipo)		
		3. PSV de descarga del compresor		
		4. Alarma de alta presión en PIT-266/201/200		

Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Responsable
		5. Apertura de bypas de la estación		
10. Cierre de la válvula manual BA-220	1. Pérdida de capacidad de transporte	1. Procedimiento operacional		
11. Cierre de la válvula de operador del gasoducto BA-131	1. Pérdida de capacidad de transporte	1. Apagado de compresor por alta presión		
		2. PSV de descarga del compresor		
		3. Switch de alta presión en la salida de la estación		
12. Cierre de la válvula manual BA-241	1. Pérdida de capacidad de transporte	1. Apagado de compresor por alta presión		
		2. PSV de descarga del compresor		
		3. Switch de alta presión en la salida de la estación		
13. Rotura aguas abajo de la estación	1. Pérdida de capacidad de transporte		10. Revisar la filosofía de seccionamiento del gasoducto a Cogua.	TGI -CST
3.2. MAS FLUJO				
1. Sobrevelocidad del compresor	1. Velocidades erosivas	1. Protecciones del motor por altas rpm		
	2. Calentamiento de maquinas			
2. Falla abierta de la válvula de bypass en la recirculación general en descarga	1. Aumento en la presión de succión del compresor	1. Protecciones internas del compresor		
		2. Válvula PSV en succión del compresor		
3.3. FLUJO INVERSO				

Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Responsable
1. No se identifican causas				
3.4. MAS PRESION				
1. Cierre de la válvula de corte de salida de compresores ba-248/251/253	1. Alta presión de compresores	1. Apagado de compresor por alta presión (protección interna del equipo)		
	2. Pérdida de capacidad de transporte	2. PSV de descarga del compresor 3. Alarma de alta presión en PIT-266/201/200		
2. Cierre de válvula manual de entrada al filtro BA-262	1. Pérdida de capacidad de transporte	1. Apagado de compresor por alta presión (protección interna del equipo)		
		2. PSV de descarga del compresor 3. Alarma de alta presión en PIT-266/201/200		
3. Cierre de válvula manual de salida del filtro BA-268	1. Pérdida de capacidad de transporte	1. Apagado de compresor por alta presión (protección interna del equipo)		
		2. Alarma de alta presión en PIT-266/201/200 3. PSV de descarga del compresor		
4. Cierre de válvulas manuales BA-236/237 sobre SDV de salida de la estación	1. Pérdida de capacidad de transporte	1. Apagado de compresor por alta presión (protección interna del equipo)	3. Asegurar divulgación al personal de la estación, de los procedimientos operacionales relacionados con la operación temprana.	TGI
		2. Alarma de alta presión en PIT-266/201/200 3. PSV de descarga del compresor		

Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Responsable
5. Cierre de válvulas manuales BA-213/216 hacia Vasconia / Cogua	1. Pérdida de capacidad de transporte	1. Procedimiento operacional		
		2. Apagado de compresor por alta presión (protección interna del equipo)		
		3. PSV de descarga del compresor		
		4. Alarma de alta presión en PIT-266/201/200		
		5. Apertura de bypas de la estación		
6. Cierre de la válvula manual BA-220	1. Pérdida de capacidad de transporte	1. Procedimiento operacional		
7. Cierre de la válvula de operador del gasoducto BA-131	1. Pérdida de capacidad de transporte	1. Apagado de compresor por alta presión		
		2. PSV de descarga del compresor		
		3. Switch de alta presión en la salida de la estación		
8. Cierre de la válvula manual BA-241	1. Pérdida de capacidad de transporte	1. Apagado de compresor por alta presión		
		2. PSV de descarga del compresor		
		3. Switch de alta presión en la salida de la estación		
3.5. MENOS PRESION				
1. Rotura de líneas aguas abajo	1. Pérdida de capacidad de transporte	1. Apagado del compresor por baja presión de descarga		
3.6. MAS NIVEL FILTROS				

Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Responsable
1. No detección del alto nivel en filtros	1. Arrastre de líquido hacia el gas	1. Alarma de alto nivel LAHH-219/223		
2. Falla en válvula manual GL-903/906	1. Arrastre de líquido hacia el gas	1. Alarma de alto nivel LAHH-219/223		
		2. Programa de mantenimiento		
3.7. MENOS NIVEL DE FILTROS				
1. Apertura de drenajes de purga	1. Paso de gas hacia el K.O Drum	1. Visor de nivel LG		
		2. Indicación de aumento de llama en tea		
3.8. ADEMÁS DE: PERDIDA DE EFICIENCIA DEL FILTRO				
1. Saturación de los elementos filtrantes	1. Arrastre de condensados y contaminantes	1. Procedimiento de parada de la Estación	8. Asegurar en bodega un stock de elementos filtrantes durante el arranque del sistema.	CST
	2. Gas fuera de especificación RUT	2. PI-177/178		
3.9. MÁS TEMPERATURA				
1. Falla mecánica del aerofriador	1. Gas con temperatura fuera de especificación	1. Indicador local de temperatura de compresores		

Tabla 0.1. Análisis HAZOP para el nodo 4.

Nodo: 4. GAS COMBUSTIBLE DE MOTORES (Consumo / arranque)	P&ID No.: TGI-PG-PL-PR-151-1/2; TGI-PG-PL-PR-155-2/2; TGI-PG-PL-PR-155-1/2
Tipo: Operación Continua	ID Equipo:
Condiciones de Diseño / Parámetros: 220 PSI / 150 PSI / ANSI 150 EN 2° REGULACION	

Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Responsable
4.1. NO / MENOS FLUJO				
1. Cierre de válvulas de bloqueo en derivación de gas de succión	1. Pérdida de capacidad de transporte por apagado de compresores	1. Procedimiento operacional 2. Capacitación de personal 3. Indicador local de presión en la línea de gas combustible PI-010/PI-305		
2. Atascamiento mecánico en posición cerrada de la PCV-008	1. Pérdida de capacidad de transporte por apagado de compresores	1. Válvula de bypass 2. Indicador local de presión en la línea de gas combustible PI-010/PI-305		
3. Atascamiento mecánico en posición cerrada de la PCV-351	1. Pérdida de capacidad de transporte por arranque de compresores	1. Válvula de bypass 2. Indicador local de presión en la línea de gas combustible PI-354		
4. Cierre de válvulas manuales en cuadro de PCV-351	1. Pérdida de capacidad de transporte por arranque de compresores	1. Válvula de bypass 2. Indicador local de presión en la línea de gas combustible PI-354		
5. Cierre de válvula manual a la entrada del tanque pulmón BA-360	1. Pérdida de capacidad de transporte por no	1. Tanque pulmón 2. Indicador local de presión PI-354 en tanque pulmón		

Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Responsable
	arranque de compresores			
6. Cierre de válvula manual a la salida del tanque pulmón BA-361	1. Pérdida de capacidad de transporte por no arranque de compresores	1. Procedimiento operacional		
7. Apertura del sistema de blowdown BA-371	1. Pérdida de gas por quema en tea	1. Indicación de aumento de llama en tea		
8. Cierre de válvula manual de gas combustible a la entrada del compresor BA-350/351/352	1. Pérdida de capacidad de transporte por apagado de compresores	1. Procedimiento operacional 2. Capacitación de personal		
9. Falla cerrada de PCV-309 ó PCV-311 del sistema de purga de tea	1. Mezcla explosiva en el sistema de tea	1. Alimentación redundante al sistema de purga 2. Indicador local de presión en cabezales de purga		
4.2. MAS FLUJO				
1. Rotura de líneas de gas combustible y de arranque de motores	1. Atmosferas inflamables / explosivas	1. Detección manual de atmosferas inflamables	11. Asegurar el incremento en la frecuencia de rondas operativas para detección de fugas.	TGI
4.3. FLUJO INVERSO				
1. Apertura de la válvula manual de interconexión con la descarga de los compresores BA-174	1. Alta presión de succión de compresores	1. Válvula de cheque CK-175 2. Procedimiento operacional		
4.4. MAS PRESION				
1. Falla abierta de la PCV-008 o falla del bypass abierto	1. Daño de accesorios de rating	1. Válvula de seguridad PSV-419		

Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Responsable
asociado	# 150			
	2. Daño del motor de arranque del compresor	2. Válvula de seguridad interna del compresor		
2. Falla abierta de la PCV-351 o falla del bypass abierto asociado	1. Daño del motor de arranque del compresor	1. Válvula de seguridad PSV-420 2. Válvula de seguridad interna del compresor		
4.5. MENOS PRESION				
1. Rotura de líneas de gas combustible	1. Atmosferas inflamables / explosivas	1. Detección manual de atmosferas inflamables	11. Asegurar el incremento en la frecuencia de rondas operativas para detección de fugas.	TGI
4.6. MAS NIVEL SCRUBBER DE GAS				
1. Falla de la GL-566	1. Daño de equipos por arrastre de líquidos	1. Alarma de alto nivel LAHH-011		
2. No detección del alto en filtros	1. Daño de equipos por arrastre de líquidos	1. Alarma de alto nivel LAHH-011		
4.7. MENOS NIVEL SCRUBBER DE GAS				
1. Apertura incontrolada de drenaje	1. Pérdida de gas por quema en tea	1. Indicación de aumento de llama en tea		
4.8. MENOS TEMPERATURA				
1. Falla del sistema eléctrico del tracing térmico	1. Formación de condensado	1. Indicación local de temperatura		
	2. Taponamiento de líquido	2. Circuito de tracing térmico independientes		
	3. Afectación de los parámetros de combustión			

Tabla 0.2. Análisis HAZOP para el nodo 5.

Nodo: 5. GAS PILOTO	P&ID No.: TGI-PG-PL-PR-150-2/2; TGI-PG-PL-PR-156
Tipo: Operación Continua	ID Equipo:
Condiciones de Diseño / Parámetros: 1° REGULACION : 40 PSI/ 2° REGULACION: 10 PSIG	

Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Responsable
5.1. NO / MENOS FLUJO				
1. Atascamiento mecánico de las PCV-483/485/486	1. Apagado del piloto de tea	1. Alarmas de piloto apagado BAL-490/491		
2. Bloqueo de válvulas manuales BA-242/243/486/487	1. Apagado del piloto de tea	1. Alarmas de piloto apagado BAL-490/491		
5.2. MAS FLUJO				
1. Ver MAS PRESION				
5.3. FLUJO INVERSO				
1. N/A				
5.4. MAS PRESION				
1. Falla abierta de la PCV-485	1. Daño de accesorios de rating # 150	1. PCV-483 de respaldo		
2. Falla abierta de la PCV-486	1. Apagado del piloto de tea	1. Alarmas de piloto apagado BAL-490/491	12. Incluir dentro de los procedimientos que en caso de apagado de los dos pilotos de la tea se haga shutdown de la estación y en caso de requerirse se active el blowdown (escenario de fuego).	CST
5.5. MENOS PRESION				
1. Roturas del sistema	1. Atmosferas inflamables / explosivas	1. Detección manual de atmosferas inflamables	11. Asegurar el incremento en la frecuencia de rondas operativas para detección de fugas.	TGI

Tabla 0.3. Análisis HAZOP para el nodo 6.

Nodo: 6. SISTEMA DE BLOW DOWN	P&ID No.: TGI-PG-PL-PR-151-1/2; TGI-PG-PL-PR-155-2/2; TGI-PG-PL-PR-153-1/2
Tipo: Operación Continua	ID Equipo:
Condiciones de Diseño / Parámetros:	

Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Responsable
6.1. ADEMAS DE: OPERACION ANORMAL				
1. No se identificaron causas por ser operación manual durante el arranque.				

Tabla 0.4. Análisis HAZOP para el nodo 7.

Nodo: 7. AIRE DE INSTRUMENTOS	P&ID No.: TGI-PG-PL-PR-157
Tipo: Operación Continua	ID Equipo:
Condiciones de Diseño / Parámetros: PRES OPERACION : 100 -120 PSI / ANSI 150 / TIEMPO AUTONOMIA: 15 MINUTOS	

Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Responsable
7.1. NO / MENOS FLUJO				
1. Falla eléctrica del paquete	1. Pérdida de capacidad de compresión de aire de instrumentos	1. Tanque pulmón 2. Cierre de las XV de entrada de los compresores		
7.2. MAS PRESION				
1. Falla de la PCV-612	1. Daño de accesorios	1. Equipos de instrumentación especificados para máxima presión de trabajo del compresor		
2. Falla del control de presión interno del compresor	1. Daño de accesorios	1. Válvula de seguridad del tanque pulmón PSV-457 2. Válvula de seguridad interna del compresor		

Tabla 0.5. Análisis HAZOP para el nodo 8.

Nodo: 8. SISTEMA DE TEA	P&ID No.: TGI-PG-PL-PR-156
Tipo: Operación Continua	ID Equipo:
Condiciones de Diseño / Parámetros:	

Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Responsable
8.1. ALTO NIVEL K.O. DRUM				
1. No detección del alto nivel en k.o.drum	1. Arrastre de liquido hacia la tea	1. Alarma de alto nivel LAHH-409		
2. Falla en válvula manual	1. Arrastre de liquido hacia la tea	1. Alarma de alto nivel LAHH-409		
8.2. MENOS NIVEL K.O. DRUM				
1. Apertura de drenajes	1. Contaminación ambiental	1. Visor de nivel LG-415		
		2. Diques de contención perimetral		

Tabla 0.6. Análisis HAZOP para el nodo 9.

Nodo: 9. SISTEMA EN GENERAL	P&ID No.:
Tipo: Operación Continua	ID Equipo:
Condiciones de Diseño / Parámetros:	

Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Responsable
9.1. PERDIDA DE SUMINISTRO ELECTRICO				
1. Pérdida de suministro eléctrico	1. Suspensión de la operación	1. Generador de emergencia		
	2. Pérdida de iluminación perimetral			
9.2. PERDIDA DE CONTENCIÓN - FUGAS				
1. Fugas en bridas - accesorios	1. Afectación de personas por atmosferas inflamables	1. Pruebas de hermeticidad	11. Asegurar el incremento en la frecuencia de rondas operativas para detección de fugas.	TGI
9.3. INCENDIOS				
1. Almacenamiento de producto combustible	1. Afectación de personas por incendio	1. Extintores portátiles		
9.4. AMENAZAS NATURALES				
1. Descargas atmosféricas	1. Daño de equipos	1. Sistema de puesta a tierra	13. Verificar la existencia de un sistema de apantallamiento durante el arranque temprano de la estación.	CST

CONCLUSIONES

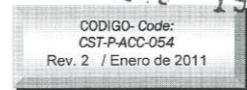
Se desarrolló un análisis de riesgos y operabilidad HAZOP sobre la ingeniería de detalle de la Estación de Compresión de Gas Natural Puente Guillermo de TGI S.A. ESP, con la intención de emprender un arranque temprano, manual y sin instrumentación de control. El análisis se realizó mediante una evaluación sistemática de nodos seleccionados, verificando, de forma rigurosa, la operabilidad del sistema y los procedimientos propuestos. El análisis desarrollado a cada nodo arrojó una serie de recomendaciones que atañen acciones de previsión, prevención y operabilidad, las cuales se consignan en cada tabla de análisis nodal (tablas 3.3 a 3.11), indicando que el arranque temprano de la estación es posible dadas sus circunstancias e instalaciones temporales.

BIBLIOGRAFÍA

- Casal J., Montiel H., Planas E., Vilchez J. ANALISIS DEL RIESGO EN INTALACIONES INDUSTRIALES. Universidad Politécnica de Cataluña. 1a Ed. España 1999.
- AMERICAN INSTITUTION OF CHEMICAL ENGINEERS. Guidelines for Hazard Evaluation Procedures, 1985.
- LEES, FRANK P. Loss Prevention in the Process Industries, 1995.
- DIVISION OF TECHNOLOGY FOR SOCIETY (TNO). ASOCIACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DE ACCIDENTES (APA). Curso Superior de Análisis de Riesgos, 1989.
- DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL. Guía técnica. Métodos cualitativos para el análisis de riesgos, 1994.
- O.I.T. Major Hazard Control, 1988.
- NOTA TÉCNICA DE PREVENCIÓN Nº 238. Los análisis de peligros y de operabilidad en las instalaciones de proceso. INSHT, 1989.
- Madiedo M. EVALUACIÓN, REDISEÑO Y DOCUMENTACIÓN DEL PROCESO PARA EL ANÁLISIS DDE RIESGOS POR OFICIO EN LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA AES CHIVOR. Universidad Industrial de Santander, Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Bucaramanga 2008.

ANEXOS

Anexo 1. Puesta en Marcha Temprana Estación Compresora Puente Guillermo



TITULO DEL DOCUMENTO - Document Title

UNIDAD DE ORIGEN - Originator

ACC

PUESTA EN MARCHA TEMPRANA ESTACIÓN COMPRESORA PUENTE GUILLERMO

X	PAGINA	DESCRIPCIÓN DE CAMBIOS EN LA PRESENTE REVISIÓN - Description of changes in this revision
0	1-6	Emisión Inicial
1	2-7	Inclusión de Comentarios
2	3-8	Inclusión de Comentarios



CONTROL DE REVISIONES Y CERTIFICACIÓN				
REV. Nº	FECHA - Date	ELABORADO/ CAMBIOS POR Made/changes by	REVISADO POR - Review by	APROBADO POR - Approved by
0	01/12/2010	HORACIO BERNARDO	Cesar A Pardo ACC-CST	Ing. Mario Pieschacon / Interventoria GOMCA
1	07/01/2011			
2	10/01/2011			

La Gerencia Corporativa certifica que el presente documento ha sido revisado para su concordancia con las normas documentales, en las revisiones indicadas para cada página. *The Corporate Manager certifies that this document has been reviewed for conformance with the document control standards, in the revisions indicated for each page.*

Este documento es propiedad de SADEVEN-TECNA, sujeto a controles de emisión, cambios, certificación y distribución por la Gerencia Corporativa. Se prohíbe la reproducción total o parcial en papel o medios electrónicos sin previa autorización. *This*



ÍNDICE

1. OBJETO.....	2
2. ALCANCE.....	2
3. DEFINICIONES.....	2
4. DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA.....	2
5. RESPONSABILIDADES.....	2
6. METODOLOGÍA.....	3

1. OBJETO

El presente instructivo tiene como objeto delinear la metodología a ser utilizada para la realización del desplazamiento de oxígeno y presurización de la estación de compresión Puente Guillermo para el Proyecto de transporte desde Cusiana de una manera segura y eficiente garantizando la integridad de las instalaciones y de las personas.

2. ALCANCE

El procedimiento aquí descrito abarca las tareas de inertización, presurización y puesta en servicio de las instalaciones definidas como planta de compresión primera etapa estación de compresión Puente Guillermo.

La preparación y ejecución de las tareas previo a la puesta en marcha es responsabilidad del equipo a cargo de las tareas de Comisionado de la planta además que se cumplan con los requisitos de calidad indicados en las especificaciones, planos, normas, códigos y cualquier otro documento contractual aplicable; "Diseño, Construcción y Puesta en Operación de la Estación Compresora puente Guillermo"

3. DEFINICIONES

COMPAÑÍA: TGI

CONTRATISTA: CST

Quien presta servicios de ingeniería, gerenciamiento, suministros, construcción, montaje y/o aquellos relacionados con la aplicación del modelo PRECOM / COM / PEM.

ESPECIALIDAD: Diferentes áreas de ingeniería que aseguran el desarrollo del proceso. Estas especialidades son: Procesos, Electricidad, Instrumentos, Mecánica, Cañerías, etc.

4. DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA

Procedimiento de Precommissioning.

Procedimiento de Bloqueo y Etiquetado de Válvulas y Sistemas Eléctricos.



TGI-PG-PR-TG-101-0, Secuencia de Comisionado.
TGI-PG-PR-TG-105-0, Procedimiento de Leak Test.
TGI-PG-PR-TG-106-0, Procedimiento Inertización.
TGI-PG-PL-PR-165-A, P+I - Puesta en marcha Manual Estación Puente Guillermo
TGI-PG-MO-PR-002-A, Manual de Operación y Puesta en Marcha Manual

5. RESPONSABILIDADES

El Jefe de COMISIONADO, o en su lugar una persona por él designada, será responsable de preparar la planificación y de establecer los requerimientos de todas las actividades.

El Jefe de comisionado al igual que el supervisor HSE son responsables de verificar que el personal que realiza la actividad cumpla con las normas de seguridad industrial establecidas para esta actividad.

El inspector de Control de Calidad, es el responsable de verificar que se estén realizando las actividades de control y elaborar los registros correspondientes a cada una de las actividades.

6. METODOLOGÍA y DESARROLLO

-Los sistemas listados a continuación deben ser precomisionados y comisionados antes de ejecutar las tareas de presurización con gas.

- Puesta a tierra
- UPS y Baterías
- Extintores de gas
- Distribución de 24 Vcc
- Subestación Trifásica
- Tablero de transferencia
- Iluminación
- Aire de Instrumentos
- Gas combustible/Arranque
- Generador de Emergencia
- Gas de Succión y Descarga
- Tener marquillado y etiquetados los sistemas a intervenir primordialmente las válvulas.

NOTA: *los sistemas que no intervengan en la puesta en marcha temprana serán confinados o aislados del resto de las instalaciones. Las válvulas no serán identificadas puesto que existe documentación básica para hacerlo; de la cual el grupo operador debería estar en conocimiento.*



6.1. PRIMERA ETAPA DE PRESURIZACIÓN

Línea de entrada a planta desde BA-177 hasta BA-109/111

Línea de descarga desde BA-237/238 a BA-131

A los fines de realizar esta operación es necesario construir un by pass provisorio (en 2") que iguale presiones agua arriba y debajo de la BA-177; compuesto por una Válvula Esférica de 2" en adelante denominada BA-A y una Válvula globo denominada como GL-A. Para el venteo de la línea de descarga se deberá colocar una válvula aguas arriba de la BA-131, denominada BA-B.

Se colocará brida ciega en lugar de la CK-104 contra la BA-105, brida ciega en lugar de la BA-209 sobre la línea 20"-DCG-PG-A-D1-SP-240 y una placa ciega sobre la línea 20"-SCG-PG-A-D1-SP-131, a los fines de aislar la línea de descarga al loop.

Para realizar la operación se mantendrán abiertas las Válvulas BA-203(By pass de planta)/101/213 y cerradas las BA-206/216/224/223/224/217/220/221/207/210 y GL-208/211/222/225/218.

Proceder a abrir totalmente las válvulas esféricas de 2" BA-A/B y la válvula esférica de 2" situada aguas arriba de la BA-293 y abrir al mínimo la GL-A. Monitorear el nivel de O₂ en la salida a la atmósfera sobre la BA-B.

El aire entrampado en las líneas 20"-SCG-PG-A-D1-SP-102/207 puede ser desplazado por las Válvulas de ¾ correspondientes a los PI 100/240.

Una vez verificada la ausencia de O₂ restituir los PI 100/240 y comenzar a presurizar en escalones de 200 PSI máximo, llegando a presión de gasoducto.

Verificar presencia de fugas en uniones bridadas utilizando agua jabonosa.

6.2. SEGUNDA ETAPA DE PRESURIZACIÓN

Desde BA-109/111 hasta BA-121/122 (aguas arriba de FS-001), BA-124/125 (aguas arriba de FS-002) y BA-137/138 (aguas arriba de FS-003).

Habilitar BA-185/401 a los fines de poner en servicio PSV 422.

Habilitar BA-508/509/512/513 a los fines de habilitar LG 501/504.

Deberán permanecer cerradas BA-119/521, GL-176/565.



Desplazar el O₂ por la succión del filtro FS-003 por intermedio de la BA-138.

No se hacen desplazamientos a tea hasta tanto las líneas de alta presión se encuentren presurizadas.

Presurizar por intermedio de GL-112 (by pass de SDV-101) en escalones de 200 PSI máximo (controlar con PI 105) y durante los mismos será monitoreada la integridad de uniones bridadas con agua jabonosa.

Al finalizar la operación las válvulas BA-109/110 y SDV-101 quedarán abiertas.

6.3. TERCERA ETAPA DE PRESURIZACIÓN

Presurizar desde BA-121 (aguas arriba del filtro de entrada FS-001) hasta los bloqueos en la succión de los compresores (Válvulas de bola XV 137/138/139/140), bloqueo del by pass de dichas válvulas BA-142/145/148/151 y BA 174/167 en la línea de alimentación de gas a la planta reguladora de gas combustible/arranque.

Las líneas de succión a las compresoras C-005/006/007 serán consignadas con brida ciega, tanto en línea de 12" como en by pass de 2".

Esta tarea se realizará por intermedio del by pass de la válvula BA 121, manteniendo abierta la válvula BA 122 y utilizando como reguladora la GL 123.

En el transcurso de la operación será monitoreada la integridad de juntas bridadas y equipos en escalas de 200 PSI como Máximo, desde el PIT 114 ubicado en el filtro FS-001. La tarea se dará por concluida con la equiparación de los valores observados en el PI 105 y el PIT 114.

La válvula BA 127 deberá permanecer abierta durante la operación, el oxígeno será desplazado hacia la Tea por la parte superior del filtro (GL 110) y por el by pass de la BDV-402 (BA135).

Los bloqueos de la recirculación de la planta (BA 165 y GL 276) deberán permanecer cerrados.

6.4. CUARTA ETAPA DE PRESURIZACIÓN

Corresponde a inertización, presurización y puesta en servicio del tren de regulación del gas combustible y gas de arranque.

Será utilizado el ramal proveniente del colector de succión de los compresores.



Habilitar BA 167/168/170, SDV 141. Mantener cerradas BA 169/171/172 y por intermedio de la GL 163 presurizar de manera gradual hasta que en el PI 010 sea leído un valor cercano a 220 PSI ; cerrar GL 163 y abrir BA 169.

El puente de regulación proveniente de la descarga de los compresores será mantenido fuera de servicio. La presión del sistema también puede monitorearse en el PI 305, en la línea de suministro de gas combustible.

Por intermedio de GL 359 comenzar a inyectar gas al recipiente de gas de arranque, manteniendo abierta BA 373 a los fines de desplazar el O2 hacia la tea. Monitorear nivel de oxígeno por la parte inferior del recipiente.

Abrir BA 358

Cerrar BA 373 y monitorear incremento de presión en PI 354; alcanzados los 150 PSI la GL 359 debe ser cerrada y habilitada la BA 357 aguas arriba de PCV 357.

Las líneas de gas combustible/ arranque de los compresores 1/2/3/4 se mantendrán cerradas y habilitadas según el requerimiento. Las líneas correspondientes a los compresores 5 /6/7 deberán ser consignadas con brida ciega.

6.5. QUINTA ETAPA DE PRESURIZACIÓN

Corresponde al paquete de compresión. Se realizará de acuerdo a los procedimientos del operador de las máquinas. Monitorear en PI 146/145/147/148/176/177/178

6.6. SEXTA ETAPA DE PRESURIZACIÓN

Corresponde a las líneas de descarga de los compresores (desde las BA 248/251/253/255), colector de descarga hasta la válvula BA 262/263 situada aguas arriba del filtro de descarga FD-001.

Las unidades compresoras C-005/006/007 permanecerán aisladas mediante las figuras ocho ubicadas en la succión y descarga

Esta operación se puede realizar habilitando el by pass de una unidad compresora o bien construyendo uno provisorio entre colector de succión y colector de descarga.

En el transcurso de la operación será monitoreada la integridad de juntas bridadas y equipos en escalas de 200 PSI como Máximo. La presión puede ser monitoreada con un PI colocado en la línea de descarga de una de las unidades compresoras.

6.7. -SÉPTIMA ETAPA DE PRESURIZACIÓN.



Comprendida entre las BA 262/263 (bloqueo aguas arriba de los filtros de descarga FD-001) y BA 237 (salida de planta). Presurizar con el by pass de la BA 262 (GL 264) o bien se puede presurizar desde la descarga de planta por intermedio de la GL 236 y posteriormente presurizar el filtro.

Las tareas serán monitoreadas desde el PIT 237 y desde el transmisor indicador PSHH 237.

Durante la operación mantener cerradas las BA 273/275 (hacia la línea de TEA), y las BA 278- GL 276 hacia la succión de los compresores.

7. ASPECTOS HSE

- Los trabajos se realizaran de acuerdo a los procedimientos de HSE establecidos por TGI S.A. e implementados por CST de lo cual resaltamos:
- El personal involucrado en estas actividades, debe conocer los riesgos y las estrategias para prevenir los accidentes.
- Se realizarán charlas de seguridad industrial antes de realizar la actividad.
- Utilización de los EPP mínimos requeridos para la actividad desarrollada.
- Toda actividad requiere haber diligenciado el permiso de trabajo para el inicio de labores.
- Se verificara que las herramientas menores estén en buen estado.
- Se utilizaran señales preventivas informando sobre el desarrollo de la Obra.
- Demarcación y acordonamiento del área de Trabajo.
- Todos los puntos que se utilizaran para el venteo de gas, deben contar con aterramiento adicional para evitar descargas de electricidad estática al momento de ventear a la atmosfera.
- Tener suficientes extintores y equipo monitoreo de gases.

7.1 ASPECTOS AMBIENTALES.

El material sobrante es tratado en su respectivo acopio y trasladado a los sitios destinados por TGI.

Mover y descargar cualquier material sobrante a las áreas de botadero autorizadas fuera de los límites de la obra y limpiar las áreas después de completar los trabajos.

7.2 PERMISOS DE TRABAJO

Se deben cumplir todos los requisitos definidos por TGI S.A., para obtener los permisos de acuerdo con los procedimientos de HSE que rijan cuando se realicen los trabajos (ATS,



3Qs y certificados de apoyo). Para la manipulación se utilizaran gafas protectoras y guantes.

8. Una vez este presurizada completamente la estación de compresión y sin fugas, se realizará el arranque conjuntamente con el personal de operaciones de Exterran y una vez concluida la prueba de 48 horas de los equipos y sistemas se entregará mediante Acta de entrega suscrita entre el CST-TGI-INTERVENTORIA GOMCA a EXTERRAN OPERACIONES para su operación normal de acuerdo al manual de operaciones emitido por el CST.

