

**MANUAL DE OPERACIÓN PARA LA ESTACIÓN COMPRESORA DE GAS
(PADUA)**

WILSON ANDRES CRISTANCHO BALLESTEROS

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOQUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA DE PETROLEOS
ESPECIALIZACION EN INGENIERIA DEL GAS
BUCARAMANGA**

2016

**MANUAL DE OPERACIÓN PARA LA ESTACIÓN COMPRESORA DE GAS
(PADUA)**

WILSON ANDRES CRISTANCHO BALLESTEROS

**TRABAJO DE MONOGRAFÍA PARA OPTAR EL TITULO DE ESPECIALISTA
EN INGENIERÍA DEL GAS**

**DIRECTOR
ING. MANUEL ENRIQUE CABARCAS SIMANCAS**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOQUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA DE PETROLEOS
ESPECIALIZACION EN INGENIERIA DEL GAS
BUCARAMANGA**

2016

CONTENIDO

	INTRODUCCION	14
1	INFORMACION GENERAL	15
1.1	OBJETIVOS DEL PROYECTO	15
1.1.1	Objetivo general.	15
1.1.2	Objetivos específicos	15
1.2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.3	ALCANCE	16
1.4	JUSTIFICACION	16
2.0	DEFINICIONES	17
3.0	DESCRIPCION DEL PROCESO.....	19
3.1	ESTACIÓN COMPRESORA DE GAS PADUA	19
3.1.1	Condiciones de operación y diseño de la estación Padua.	22
3.1.2	Sistema de Recibo y Salida de gas.....	22
3.1.3	Sistema de Filtración Succión.....	24
3.1.4	Sistema de Compresión.....	27
3.1.5	Filtros separadores de descarga FD- 001/002 y medición.	31
3.1.6	Recirculación de la estación.	32
3.1.7	Sistema de alivio y tea.	33
3.1.8	Sistema de Blow down.....	36
3.1.9	Sistema de Medición de Gas.....	37

3.1.10	Sistema auxiliares.	37
4.0	DESCRIPCION DE LA OPERACIÓN.....	53
4.1	SISTEMA DE RECIBO DE GAS.	53
4.1.1	Etapa de Regulación.	53
4.2	FILTRACIÓN SUCCIÓN Y MEDICIÓN DE GAS.	55
4.3	SISTEMA DE COMPRESIÓN.	57
4.4	FILTRACIÓN DESCARGA Y MEDICIÓN DE GAS.	58
4.5	SISTEMA DE ALIVIO Y TEA.	60
4.6	RECIRCULACIÓN DE LA ESTACIÓN.	61
5.0	PROCEDIMIENTOS DE ARRANQUE, PARADA Y EMERGENCIA DE LA ESTACIÓN.....	62
5.1	PROCEDIMIENTOS DE ARRANQUE EN CONDICIONES NORMALES	62
5.2	PRESURIZACIÓN DE LA ESTACIÓN.	63
5.3	SISTEMA DE FILTROS SEPARADORES DE SUCCIÓN.	63
5.4	SISTEMA LÍNEA DE DESCARGA.	64
5.5	SISTEMA FILTRO DE DESCARGA	64
5.6	SISTEMA DE GAS COMBUSTIBLE Y ARRANQUE.	65
5.7	ARRANQUE DE UNIDADES DE COMPRESIÓN.	65
5.8	PARADA UNIDAD COMPRESORA	67
5.9	OPERACIÓN Y CONTROL NORMAL UNIDADES DE COMPRESIÓN	67
5.10	PROCEDIMIENTO PRUEBA FUNCIONAL UNIDADES DE COMPRESIÓN	68

5.11	PROCEDIMIENTOS A SEGUIR PRESIÓN EN LÍNEA DE SUCCIÓN Y LÍNEA DE DESCARGA.	70
5.11.1	Procedimiento por alta presión en la línea de succión.....	70
5.11.2	Procedimiento por alta presión en la línea de descarga.....	70
5.12	REGISTROS OPERATIVOS.	70
6.0	HERRAMIENTA PARA DIAGNOSTICO Y SOLUCION DE FALLAS COMUNES.....	72
6.1	TUTORIAL PRÁCTICO HERRAMIENTA DE DIAGNOSTICO.	73
6.1.1	Búsqueda de fallas/síntomas.....	73
6.1.2	Incluir nuevas fallas en la base de datos.....	75
7.0	CONCLUSIONES	77
	BIBLIOGRAFIA	78

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Estación compresora de gas Padua (Autor).....	20
Figura 2 Cabezal de succión y descarga de estación (Autor).....	23
Figura 3 Manifold de succión de estación (Autor).....	23
Figura 4 Válvula reguladora de estación PV-100 (Autor)	24
Figura 5 Slug Cácher (SC-001). (Autor).....	25
Figura 6 Filtro de succión FS-001/002. (Autor).....	26
Figura 7 Medidor de flujo de succión FIT-100. (Autor).....	27
Figura 8 Unidades compresoras. (Autor).....	28
Figura 9 Filtros de descarga FD-001/002. (Autor).....	31
Figura 10 Medidor de flujo de succión FIT-200. (Autor).....	32
Figura 11 Válvula de recirculación PV-200. (Autor).	33
Figura 12 Línea de tea y K.O. drum. (Autor).....	33
Figura 13 K.O. Drum (V-001). (Autor).	35
Figura 14 Válvulas de Blow Down de la estación de Padua. (Autor).....	36
Figura 15 Medidores de flujo de la estación Padua. (Autor).	37
Figura 16 Tambor acumulador de condensados (V-003). (Autor).....	38
Figura 17 Compresores y tambores acumuladores de aire de instrumentos (V-004/005) (Autor).....	39
Figura 18 Sistema de gas combustible. (Autor)	40
Figura 19 Medidor de flujo FE/FIT-300. (Autor).	40
Figura 20 Tambor y reguladores de gas de arranque. (Autor).	41

Figura 21 Regulación de gas piloto y purga de tea. (Autor)	42
Figura 22 regulación de gas purga. (Autor).....	42
Figura 23 Regulación de gas piloto de tea (Autor)	43
Figura 24 Tanque de aceite lubricante (Autor)	43
Figura 25 Tanque de condensados (Autor).....	45
Figura 26 Sumidero de aceite (Autor).....	46
Figura 27 Generador eléctrico. (Autor).....	46
Figura 28 Gabinete de control de procesos. (Autor).....	47
Figura 29 Gabinete de sistema de emergencia ESD. (Autor).	48
Figura 30 Válvulas SDV y BDV. (Autor).....	48
Figura 31 Gabinete sistema F&G. (Autor).....	50
Figura 32 Detectores de gas y fuego en zona de compresión. (Autor)	50
Figura 33 Válvula PV-100(Izq.) y FV-100(Der.). (Autor)	54
Figura 34 Control de nivel del Slug Cácher. (Autor).....	55
Figura 35 Medidor de flujo Ultrasónico Daniel – succión (Autor).....	56
Figura 36 Válvulas en la succión de compresores FV-102/104/106/108/110. (Autor)	58
Figura 37 Medidor de flujo de gas en la descarga Daniel. (Autor).....	59
Figura 38 Bombas electro neumáticas del K.O. Drum y control de líquidos. (Autor).	60
Figura 39 Página base de datos Herramienta de diagnóstico y solución de fallas comunes. (Autor).....	72
Figura 40 Página base de datos Herramienta de diagnóstico y solución de fallas comunes. (Autor).....	73
Figura 41 Selección de Página de diagnóstico. (Autor).....	73
Figura 42 Casilla de búsqueda. (Autor).	74

Figura 43 Búsqueda de la falla. (Autor).....	74
Figura 44 Resultados de la búsqueda. (Autor).....	74
Figura 45 Selección de Página de base de datos. (Autor).....	75
Figura 46 Búsqueda de celdas disponibles. (Autor).....	75
Figura 47 Ingreso de datos de fallas nuevas a la base de datos. (Autor).....	76
Figura 48 Ordenar la base de datos actualizada. (Autor).....	76

LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Condiciones de diseño y operación del Slug Cátcher.	25
Tabla 2	Condiciones de operación y diseño de filtros de succión. (Tomado de placa de fabricación).	26
Tabla 3	Condiciones de operación de las unidades compresoras	28
Tabla 4	Información general de las características de las unidades compresoras.....	29
Tabla 5	Especificaciones técnicas de los motores.....	30
Tabla 6	Especificaciones técnicas de los compresores.	30
Tabla 7	Características y condiciones de operación de filtro de descarga. (Tomado de placa de fabricación).	31
Tabla 8	Características y condiciones de operación de equipos de sistema de alivio. (Tomado de placa de fabricación).....	35
Tabla 9	Características y condiciones de operación del sistema de condensados. (Tomado de placa de fabricación).	38
Tabla 10	Características y condiciones de operación de tambor de gas de arranque.	41
Tabla 11	Condiciones de operación y diseño del sistema de aceite lubricante. (Tomado de placa de fabricación).....	44
Tabla 12	Condiciones de operación y diseño del sistema de condensados.....	45
Tabla 13	Características técnicas del generador eléctrico.....	46

RESUMEN

TITULO: MANUAL DE OPERACIÓN PARA LA ESTACIÓN COMPRESORA DE GAS (PADUA)*

AUTOR: WILSON ANDRES CRISTANCHO BALLESTEROS**

PALABRAS CLAVE: manual de operación, operación, estandarizar, estación compresora,

Este manual de operación se ha desarrollado con el propósito de orientar y dar soporte al personal de operaciones, con la finalidad de llevar a cabo la apropiada operación de los equipos y procesos presentes en la estación compresora de gas natural, además de estandarizar los procedimientos ejecutados durante la operación de la estación compresora de Padua.

Se realiza una descripción técnica detallada de los equipos, procesos y procedimientos operacionales que se aplican en la estación compresora de gas Padua, con el propósito de que el personal de operaciones conozca las características, funciones y maniobras a aplicar en los mismos.

Se identifican y analizan los criterios de diseño bajo los cuales opera la estación compresora de gas Padua, con el fin de garantizar que se cumple con los requerimientos de transporte a través del gasoducto.

Se realiza una descripción detallada de los procedimientos de operación de los equipos (arranque, operación y parada) de la estación compresora de gas Padua, con la finalidad de estandarizar los procedimientos.

Se desarrolla una herramienta de diagnóstico de fallas comunes, con la cual se agilizará la solución de las fallas comunes halladas en la operación, además servirá de guía para el personal de operaciones de la estación o personal de paso por la estación.

* Monografía Especialización en Ingeniería del gas.

** Facultad de Ingenierías Físico-Químicas, Escuela de petróleos , Director: Manuel Enrique Cabarcas Simancas

ABSTRACT

TITLE: OPERATION MANUAL FOR GAS COMPRESION STATION (PADUA)*

AUTHOR: WILSON ANDRES CRISTANCHO BALLESTEROS**

KEY WORDS: Operation manual, operation, standardize, compression station.

This operation manual has been developed with the purpose to guide and to support the operations staff, in order to carry out the proper operation of the equipment and processes in the natural gas compressor station, as well as standardizing the procedures performed during the operation of the compressor station of Padua.

There is realized a technical detailed description of the equipment's, processes and operational procedures applied in the gas compressor station Padua, in order that operations personnel to know the features, functions and maneuvers to be applied the same is done.

Identifies and analyzes the design criteria under which the gas compressor station Padua operates, in order to ensure compliance with the requirements of transport through the pipeline.

A detailed description of procedures for operation of the equipment (start , operation and stop) of the gas compressor station Padua, in order to standardize procedures performed. Develops a common fault diagnosis tool, with which it will expedite solving common faults found in the operation, also will guide the operations of the station staff or personnel passing through the station.

* Monograph Specialization gas Engineering.

** Faculty of Physical-Chemical Engineering , School of Petroleum Engineering, Advisor: Manuel Enrique Cabarcas Simancas

INTRODUCCION

La estación compresora de gas Padua, actualmente no cuenta con un manual de operación. Se desarrollara el manual para brindar el soporte requerido al personal de operaciones en los procedimientos, procesos, equipos y fallas encontradas en los mismos.

En el manual se realizara la descripción técnica detallada de los procedimientos de operación de los equipos y procesos presentes en la estación compresora de gas Padua, con el objeto de estandarizar los procedimientos de operación de los equipos (arranque, operación y parada) de la estación compresora Padua.

Se desarrollara una herramienta de diagnóstico de fallas comunes presentadas en la estación, la cual mostrara al operador la solución a dichas fallas de manera eficaz. Además se realizara una guía de funcionamiento y retroalimentación de la herramienta.

INFORMACION GENERAL

1.1 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.1.1 **Objetivo general.** Elaborar el manual de operación de la estación compresora de gas Padua y desarrollo de una herramienta en Excel para realizar el diagnóstico y solución de las fallas comunes.

1.1.2 Objetivos específicos

- Realizar una descripción técnica de las unidades y equipos utilizados en la estación compresora Padua.
- Identificar los criterios de diseño bajo los que opera la estación con el fin de garantizar que se cumple con los requerimientos de transporte que inciden sobre la misma.
- Estandarizar los procedimientos de operación de los equipos (arranque, operación y parada) de la estación compresora Padua.
- Desarrollar una herramienta en Excel para realizar el diagnóstico y solución de fallas comunes en los equipos.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La estación compresora de Padua fue construida como parte de un proyecto de expansión y mejora de la infraestructura de la red nacional de transporte en gasoductos. La estación fue entregada pero debido a problemas administrativos no fue suministrado el respectivo manual de operaciones.

La falta de este material genera malas prácticas de operación de equipos, paradas no programadas, el incumplimiento de los programas de nominación y Pérdida de tiempo (horas /hombre en capacitación de personal) para la correcta operación de los equipos.

Todos estos problemas se presentan muy probablemente por la Falta de material de apoyo que oriente al personal en el uso del equipo y el desconocimiento de los procedimientos por parte de los operadores.

De continuar sin el manual de operación se podría seguir presentado paradas inesperadas de la estación, daños en los equipos, Multas por no cumplimiento de la nominación y la dificultad para la renovación de la planta de personal que opera los equipos.

1.3 ALCANCE

En esta monografía se realizara el manual de operación de la estación compresora de gas Padua; en el cual se mostrara una descripción detallada de los procedimientos de operación de los equipos. Adicionalmente se desarrollara una herramienta en Excel en el cual se muestre de manera efectiva las fallas comunes identificadas y la solución a estos problemas desde el punto operativo.

1.4 JUSTIFICACION

La estación compresora de Padua fue construida como parte de un proyecto de expansión y mejora de la infraestructura de la red nacional de transporte en gasoductos. La estación fue construida y entregada pero debido a problemas administrativos no fue suministrado el respectivo manual de operaciones.

La falta de material de apoyo genera malas prácticas de operación de equipos, paradas no programadas, el incumplimiento de los programas de nominación y Pérdida de tiempo (horas /hombre en capacitación de personal) para la correcta operación de los equipos.

El desarrollo del manual brindara la orientación que requiera el operador para el arranque, operación y salida de operación de la estación compresora. Además se busca Estandarizar los procedimientos de operación de la estación compresora de gas Padua.

El personal de operaciones de la estación se beneficiara con el desarrollo de este manual, ya que la correcta aplicación de este disminuirá malas prácticas de operación lo cual conlleva a menos las caídas inesperadas de la estación.

Adicionalmente se va a desarrollar una herramienta en Excel para el diagnóstico y solución de fallas comunes permitirá al operador tener una guía de que se debe realizar y efectuar en las fallas comunes de forma rápida y eficaz la solución al problema o falla encontrado.

Con el desarrollo del manual de operación de la estación compresora Padua se reducirá las malas prácticas de operación de los equipos; lo cual se verá en la reducción de las paradas no programadas de la estación.

La herramienta en Excel para el diagnóstico y solución de fallas comunes reducirá el tiempo de las paradas por fallas comunes.

2.0 DEFINICIONES

BDV: Válvula de Blow Down (Venteo).

CCR: Cuarto de Control.

CPC: Centro Principal de Control TGI S.A ESP.

DCS: Sistema de Control Distribuido.

E/S: Entrada/Salida.

ESD: Sistema de Seguridad y Shutdown.

F&G: Fuego y Gas.

GPD. Galones por día.

GPM: Galones por minuto.

HMI: Interface Operador-Máquina.

KOD: Knock Out Drum.

Mantenimiento Preventivo: Actividades periódicas que se ejecutan en los equipos de acuerdo con las recomendaciones de los fabricantes para prevenir la sucesión de daños por fallas en componentes.

Mantenimiento Correctivo: Actividades que se ejecutan para corregir cualquier tipo de falla intempestiva presentada en los equipos o para retornar los mismos a sus condiciones normales de operación.

MMSCFD: Millón de estándar pie cúbico día, medido en condiciones estándar.

Msnm: Metros sobre el nivel del mar.

Nominación: Volumen de gas que se requiere comprimir en el día (Programa de compresión).

Operación Rutinaria: Conjunto de actividades cotidianas realizadas por los operadores para dar cumplimiento a los programas de compresión requeridos por el cliente.

Orden de Trabajo (OT): Formato que se genera cuando se realiza un trabajo de mantenimiento a los equipos en el que se consignan los datos básicos del equipo, las actividades ejecutadas, los repuestos utilizados y el tiempo empleado.

PC: Computadoras Personales

PCV: Válvula de Control (Regulación) de Presión

Permiso de Trabajo: Es un documento final de control de riesgos que involucra la realización de un trabajo coordinado de análisis, verificación y control (soportado con documentos) de las condiciones potenciales de riesgos al momento de realizar una actividad.

PID: Diagrama de Tuberías e Instrumentos.

PSV: Válvula de Seguridad.

Reporte Diario de Operaciones: Formato en el que se reportan las condiciones diarias de operación y mantenimiento de las unidades.

SCADA: Supervisión, control y adquisición de datos.

SDA: Sistema de Detección y Alarma contra incendio.

SDV: Válvula de Shutdown.

SP: Set Point.

TGI: Transportadora de Gas Internacional

3.0 DESCRIPCION DEL PROCESO

La función de una estación compresora de gas es elevar la presión del gas en la línea del gasoducto, con el fin de entregarle la energía exigida para su transporte.

En la estación el flujo inicia su recorrido por la línea de succión, pasando por equipos de subprocesos como; el cromatógrafo, el cual registra algunos parámetros que miden la calidad del gas. El slug cácher en el que se expande el gas, ayudando a separar los condensados. El filtro de succión o separador encargado de extraer impurezas sólidas. El medidor ultrasónico de flujo que registra y almacena datos de presión, temperatura, volumen y caudal. Y el higrómetro que muestra temperaturas de rocío.

El gas continúa su recorrido a los compresores, entrando a los "scrubbers" de succión y de combustible, estos extraen aún más los líquidos del gas. Luego sigue a los cabezales de succión y entra al compresor. Finalmente, el gas a una mayor presión, sale por la línea de descarga de las compresoras. Para bajar su temperatura, el gas pasa a través de los enfriadores o "coolers" y después entra al filtro de descarga o coalescente, éste ayuda a separar los líquidos del gas y seguidamente hace registro en el medidor Ultrasónico de flujo de esta línea.

Toda estación cuenta también con un suministro de potencia para la puesta en marcha de los compresores; un motor por cada compresor, un Aero enfriador para el sistema de enfriamiento, un sistema de válvulas intrínseco en el funcionamiento de los compresores que garantiza la presión de trabajo deseada, un pequeño compresor para el accionamiento de válvulas y toda la instrumentación necesaria para el control del proceso de compresión.

Además, dentro de la estación se cuenta con tanques de almacenamiento para los lubricantes y refrigerantes que son utilizados por los motores y compresores, y para los condensados generados y drenados en la operación. Éste último, con el propósito de proteger y conservar el entorno natural. Es importante señalar que en cada estación de compresión de gas natural, se cuenta con el plan de manejo ambiental dando cumplimiento a las disposiciones legales nacionales¹.

3.1 ESTACIÓN COMPRESORA DE GAS PADUA

La estación compresora de gas Padua cuenta con un slug cácher, dos filtros de succión, cinco unidades de compresión, dos filtros coalescentes de descarga y los servicios auxiliares, los cuales están integrados por vasija de recolección de condensados, vasija de aceite, K.O.Drum, una vasija para gas de arranque, un sistema de gas combustible con dos lazos por succión y dos lazos por descarga, Tea y un

¹ TGI S.A ESP [En línea], <<http://www.tgi.com.co/index.php/es/nuestra-operacion/mapa-red-nacional-de-gasoductos/estaciones-de-compresion-de-gas?start=1>> [fecha de consulta 18 de octubre de 2014]

sistema de aire comprimido el cual cuenta con dos compresores, una vasija para recolección de aire para instrumentación y una vasija para recolección de aire industrial.

Figura 1 Estación compresora de gas Padua (Autor)



En la estación compresora Padua se recibe la presión del gas natural de la línea del gasoducto de TGI desde el rango 600 – 900 Psig en la succión, hasta 1200 Psig en la descarga, con el fin de suministrar la energía necesaria para su transporte hacia centros de distribución y consumo.

La Estación de Compresión Padua recibe el gas proveniente de la Estación de Compresión Vasconia, a través de una línea de 16” de diámetro nominal, la cual se conecta con el manifold de entrada de la nueva Estación. Desde el manifold de entrada (Línea de Succión), el gas es enviado al Slug Cátcher, en donde se realiza una separación de condensados y partículas que pueden estar asociadas con el gas de producción proveniente de Vasconia. El gas que sale del Slug Cátcher es enviado hacia los dos filtros separadores de succión, en donde son retenidas las trazas remanentes de gotas de líquido o partículas sólidas que no fueron separadas en el Slug Cátcher.

Una vez que el gas ha pasado por las etapas de separación y filtración primarias, éste ingresa a las Unidades de Compresión. La Estación Padua dispone de cinco Unidades de Compresión; Tres operativas y dos como reserva durante operación normal, en donde se incrementa la presión del gas, para posteriormente pasar por una de las unidades de filtración de descarga, en donde se retienen las posibles trazas de líquido y partículas de sólidos que pudieron formarse o arrastrarse durante la etapa de compresión. Finalmente, el gas comprimido y filtrado es enviado al manifold (Línea de Descarga) de salida de la estación, para ser inyectado nuevamente al gasoducto principal que va hacia las ciudades de Manizales, Pereira y Cali.

La estación cuenta con varios sistemas de proceso así:

Sistema de Recibo y Salida:

- Válvulas de aislamiento y bloqueo manual.
- Válvula de Control de Presión.

Sistema de Separación y Filtración:

- Slug cátcher.

- Filtros de succión.
- Filtros de descarga.

Sistema de Regulación

- Gas Combustible.
- Gas de Arranque.
- Gas a Pilotos de Tea.

Sistema de Medición y Calidad de Gas

- Succión a compresores.
- Descarga de la estación.
- Gas Combustible a los compresores.
- Gas a la tea.

Sistema de Compresión

- Motor.
- Compresor.
- Cooler (Enfriador).

Sistema de alivio

- Knock out Drum.
- Gas Purga.
- Gas piloto.
- Bombas de Drenaje.
- Tea.

Sistema De Tuberías Y Accesorios

- Línea de Succión.
- Línea de Descarga.
- Línea de Gas Combustible y Arranque.
- Línea de Tea.

Sistema De Seguridad, Protección Y Alarmas

- Sistema de Detención y Alarma de Incendio.

Además Se Cuenta Con Las Sigüentes Áreas Auxiliares Así:

- Sistema de generación eléctrica.
- Tableros de distribución y control.
- Sistema de aire comprimido para instrumentos y uso Industrial.
- Sistema de recolección de condensados.
- Área de taller y bodega.
- Área administrativa.

3.1.1 Condiciones de operación y diseño de la estación Padua. La estación Padua está ubicada en el PK 38 del gasoducto Mariquita – Cali de la red nacional de gasoductos.

3.1.1.1 Condición de diseño de la estación.

- Flujo mínimo a comprimir: 180 MPCD para una presión de succión de 650 Psig y una presión de descarga de 1100 Psig.
- Presión máxima de operación en la descarga de la estación: 1200 Psig.
- Altura de la estación sobre el nivel del mar: 2100 metros
- Temperatura ambiente máxima: 80°F
- Temperatura máxima del gas en la succión: 80 °F
- Temperatura máxima del gas en la descarga: 120°F
- Gas a comprimir: Gas Cusiana y ballenas.

3.1.1.2 Rango de Operación de las unidades de compresión. Las unidades de compresión (motor-compresor) y sus sistemas y equipos auxiliares tales como Cooler, scrubber, botellas de succión y descarga, válvulas, tuberías, sistemas de control y monitoreo están diseñados para un rango de presión de operación en la succión desde 600 Psig a 900 Psig y un rango de presión de operación en la descarga desde 950 Psig a 1200 Psig.²

3.1.2 Sistema de Recibo y Salida de gas. La Estación de compresión Padua recibe el gas de la Estación de compresión Vasconia a una presión de operación entre 600-900 Psig.

El sistema de recibo de gas está conformado por los siguientes sistemas.

3.1.2.1 Cabezal de succión y descarga de estación.

² TGI S.A ESP [En línea], < <http://www.tgi.com.co/index.php/es/nuestra-operacion/mapa-red-nacional-de-gasoductos/estaciones-de-compresion-de-gas?start=2> [fecha de consulta 30 de julio de 2015]

Figura 2 Cabezal de succión y descarga de estación (Autor)



3.1.2.2 Manifold de succión de estación. La Estación cuenta con un manifold de entrada a Planta de 20" de diámetro nominal, el cual receipta el gas transportado desde la Estación Vasconia a través de una derivación de 16" de diámetro nominal.

Figura 3 Manifold de succión de estación (Autor)



Adicionalmente, el manifold de entrada cuenta con un by-pass de 16" de diámetro nominal, con válvula de retención y válvula de bloqueo, que interconecta el manifold de entrada con el manifold de salida de la estación. Esta facilidad permitirá realizar el by-pass de la estación Padua en caso de ser requerido.

Para protección de la Estación, aguas abajo del manifold de entrada se cuenta con una válvula de Shutdown (SDV-100), la cual durante operación normal permanece en posición abierta; únicamente en caso de Shutdown general de estación, la lógica de seguridad ordena el cierre de la válvula antes mencionada.

La presión de ingreso a la Estación puede variar dentro del rango entre 600 y 900 Psig. Por otro lado, se considera 80 °F como la máxima temperatura de ingreso a la Estación.

3.1.2.3 Válvula de regulación de succión de estación. El gas entra a la estación a través de la línea de 16" de diámetro que lleva el gas hacia la línea de succión de la

estación, la cual cuenta con la válvula de control de presión PV-100, que actúa en caso de presentarse variaciones de aumento en la presión de succión regulando la entrada a la estación y controlando la operación. A continuación, se normaliza la operación con la válvula de control de flujo FV-100, paralela a la válvula de control de presión.

Figura 4 Válvula reguladora de estación PV-100 (Autor)



Cuando las condiciones de operación y del gasoducto se encuentran dentro de los límites definidos para la operación de las unidades de compresión, la válvula de control de presión de succión PV-100 no requiere funcionar y el flujo de gas pasa por la válvula de control de flujo ON / OFF FV-100 con operación .

La Estación cuenta con una línea de bypass que conecta la succión con la descarga sin pasar por la zona de compresores. En caso de que se requiera utilizar la línea de by pass de la Estación PADUA, es necesario bloquear manualmente cada una de las válvulas de Shut Down de la línea de succión (SDV-100) y descarga (SDV-201), cuando las presiones de succión y descarga se encuentran igualadas se abre la válvula del by pass del cabezal de la Estación el cheque se abre para que el gas siga su recorrido por flujo natural en el gasoducto sin entrar a la Estación.

3.1.3 Sistema de Filtración Succión.

3.1.3.1 Slug Cácther SC-001. El gas pasa por la línea de succión hacia el Slug Cácther (SC-001) que tiene la función de retirar los líquidos condensados del gas. Los líquidos separados se envían hacia el cabezal de condensados de la Estación.

Figura 5 Slug Cácther (SC-001). (Autor)



Este equipo es un separador primario conformado por un colector de entrada y un colector de salida de 16” de diámetro nominal, con cuatro brazos de 20” de diámetro nominal cada uno y un colector de condensados de 20” de diámetro nominal. La separación se realiza en cada uno de los brazos del equipo y los condensados separados son acumulados en el colector de condensados.

Para proteger al Slug Cácther en caso de sobrepresión, se dispone de una válvula de seguridad (PSV-101) cuyo valor de set es 1320 Psig. En caso de disparo de la válvula de seguridad el gas será enviado a la tea de estación.

Condiciones de operación y diseño:

Tabla 1 Condiciones de diseño y operación del Slug Cácther.

Nota: Presión y temperatura de diseño estimada de acuerdo a análisis de integridad.

CONDICIÓN	UNIDAD	260
CAPACIDAD	MMSCFD	199.4
PRESIÓN OPERACIÓN	PSIG	600-900
PRESIÓN DISEÑO (Nota)	PSIG	1320
TEMPERATURA OPERACIÓN	°F	80
TEMPERATURA DISEÑO	°F	130

3.1.3.2 Filtros separadores de succión FS- 001/002 y medición. El gas ingresa al filtro separador de succión FS-001 o FS-002, solamente estará uno en operación el otro

estará disponible. Los filtros están ubicados en la línea de succión aguas abajo del Slug cártcher y recibe el gas que ingresa a la estación. La función de este equipo es filtrar y separar los líquidos y polvos que contenga el gas, con el fin de asegurar que estos no ingresen a los compresores.

Figura 6 Filtro de succión FS-001/002. (Autor).



Los filtros de succión son vasijas horizontales, con 2 cámaras para recolección de líquido. Están diseñados para evitar líquidos de entrada y el potencial daño a los compresores. Esta vasija separará por gravedad partículas líquidas de tamaño de 300 micrones y más.

Cualquier líquido recolectado en las cámaras es drenado hacia el sistema de recolección de condensados de la estación que finalmente descarga en el Knock Out Drum (V-001). El gas sale por la parte superior de las vasijas y se envía hacia los paquetes de compresión y enfriamiento.

Las condiciones de operación y diseño de los filtros de succión se presentan en la Tablas 2:

**Tabla 2 Condiciones de operación y diseño de filtros de succión. (Tomado de placa de fabricación).
(Nota) Presión y temperatura de diseño estimada de acuerdo a análisis de integridad.**

		FS-001	FS-002
CONDICIÓN	UNIDAD		
CAPACIDAD	MMSCFD	199.4	195.9
PRESIÓN OPERACIÓN	PSIG	650-900	650-900
PRESIÓN DISEÑO (Nota)	PSIG	1000	1000
TEMPERATURA OPERACIÓN	°F	80	80
TEMPERATURA	°F	130	130

Para proteger a los Filtros Separadores de Succión, cada equipo dispone de una válvula de seguridad PSV-400 PSV-401, las cuales tienen un setting de disparo de presión en 1320 Psig. El gas descargado en caso de disparo de la válvula de seguridad asociada a cada equipo, es enviado al Sistema de Venteos de la Estación.

El flujo de gas que sale de los filtros separadores de succión se mide con el medidor de flujo de tipo ultrasónico FE-100, que se encuentra con el transmisor indicador de flujo FIT-100, el cual recibe señales de los transmisores de presión y temperatura PIT-103 y TIT-101.

Figura 7 Medidor de flujo de succión FIT-100. (Autor).



- 3.1.4 **Sistema de Compresión.** El sistema de compresión está conformado por cinco (5) unidades compresoras (C-001/002/003/004/005) instaladas en paralelo. Se considera que siempre se encuentra un (1) compresor en stand-by. Cada unidad está constituida por un motor de combustión interna a gas natural Waukesha 7044, acoplado a un compresor recíprocante Ariel JGK-4 y a la vez acoplado a un Aero enfriador (Cooler).

Figura 8 Unidades compresoras. (Autor).



El gas que sale de los filtros separadores ingresa al paquete de compresión y enfriamiento, compuesto principalmente por:

- Scrubber
El scrubber está ubicado en la succión de los compresores. Cumple la función de retirar los condensados formados en el proceso. El líquido separado se envía al cabezal de condensados de la Estación.
- Compresor
Los compresores son de una etapa, son del tipo reciprocante con motores a gas. En esta etapa el gas es comprimido en un rango entre 900 y 1200 Psig. En la Tabla 3 se presentan las características de estos equipos.
- Aero enfriador
Son enfriadores de tiro forzado que utilizan aire para enfriar el gas que descargan los compresores hasta una temperatura máxima de 120 °F.
Condiciones de operación de las unidades compresora.

Tabla 3 Condiciones de operación de las unidades compresoras

C-001/002/003/004/005

TIPO		RECIPROCANTE
MOTOR		WAUKESHA L-7044 GSI ESM EXTENDER
COMPRESOR		ARIEL JGK-4
ENFRIADOR		AIR X CHANGER
CONDICIÓN	UNIDAD	VALOR
CAPACIDAD	MMSCFD	65
PRESIÓN SUCCIÓN	PSIG	650-900
PRESIÓN DESCARGA	PSIG	900-1200
TEMPERATURA SUCCIÓN	°F	80
TEMPERATURA DESCARGA	°F	120

Los compresores descargan a un cabezal de 16” de diámetro, por medio del cual se lleva el gas hacia los filtros de descarga (FD-001/002). El suministro de gas de recirculación se toma a la salida de los filtros de descarga.

Información de las unidades compresoras.

Tabla 4 Información general de las características de las unidades compresoras

Estación	Unidad	Numero paquetizador	Unidad	Marca	Modelo	Serial	Potencia Hp
Padua	1	V-3895	motor	Waukesha	L-7044GSI ESM	5283700118	1680
			compresor	Ariel	JGK-4	F-28825	2540
			Cooler	AXH-Air Coolers	156EF-116-24	99341D	70
	2	V-3936	motor	Waukesha	L-7044GSI ESM	5283700176	1680
			compresor	Ariel	JGK-4	F-31561	2540
			Cooler	AXH-Air Coolers	156EF-116-24	99341C	70
	3	V-3942	motor	Waukesha	L-7044GSI ESM	5283700106	1680
			compresor	Ariel	JGK-4	F-29720	2540
			Cooler	AXH-Air Coolers	156EF-116-24	99341E	70
	4	V-3960	motor	Waukesha	L-7044GSI ESM	5283700183	1680
			compresor	Ariel	JGK-4	F-31565	2540
			Cooler	AXH-Air Coolers	156EF-116-24	99341B	70
5	V-3940	motor	Waukesha	L-7044GSI ESM	5283700180	1680	

		compresor	Ariel	JGK-4	F-32223	2540
		Cooler	AXH-Air Coolers	156EF-116-24	99341*	70

Para las especificaciones técnicas de los motores, ver tabla 5.

Tabla 5 Especificaciones técnicas de los motores³

Rango de velocidad	700 a 1200 rpm
Ralentí bajo	700 rpm
Velocidad de operación	900 – 1200 rpm
Potencia	1680 HP
Configuración y número de cilindros	12 en V , 4 Válvulas por cilindro
Diámetro del cilindro por carrera de pistón	9.375 x8.5 Pulg (238x 216 mm)
Desplazamiento	7040 pul ³ (115 litros)
Relación de compresión	8:1

Para las especificaciones técnicas de los compresores, ver tabla 6.

Tabla 6 Especificaciones técnicas de los compresores.⁴

Carrera, pulgadas (mm)	5-1/2 (139.7)
Velocidad, rpm	Hasta 1200
Velocidad del pistón, pies/minuto (m/s)	Hasta 1100 (5.6)
Número de brazos	4
Potencia, hp (KW)	Hasta 2540 (1894)
Altura - Base hasta l.c. del cigüeñal, pulg (mm)	17 (431.8)
l.c. a l.c. de biela, pulg (mm)	13.75 (349.25)
Ancho máximo, pulg (mm)	157 (3.99)
Largo máximo, pulg (m)	116 (2.95)
Peso aprox. Con cilindros, lbs. (kg)	21,000 (9530)
Capacidad de la bomba de aceite, gal/min (l/s)	25 (1.6)
Eliminación de calor , BTU/hrs (J/s)	34,000 (10 000)
Capacidad del colector de aceite, galones US (l)	37 (140)
Diámetro del vástago del pistón, pulg (mm)	2.000 (50.8)
Carga del vástago interno - acción doble:	
Compresión + tensión, lbf (kN)	74,000 (329)
Tensión, lbf (kN)	37,000 (165)
Compresión, lbf (kN)	40,000 (178)
Carga del vástago interno - acción sencilla	
Tensión, lbf (kN)	37,000 (165)

³ Waukesha VHP, Series four, Operación y mantenimiento. Primera edición. P 1.15-11

⁴ Ariel Corporation. Compresores de cilindros opuestos equilibrados para trabajo pesado. Manual Técnico para los modelos: JGK y JGT. Rev10/98. P 1-2.

3.1.5 **Filtros separadores de descarga FD- 001/002 y medición.** El gas comprimido pasa por el filtro de descarga FD-001 o FD-002; solamente estará uno en operación el otro estará disponible. Este filtro es una vasija vertical y tiene la función de separar los líquidos contenidos en el gas.

Figura 9 Filtros de descarga FD-001/002. (Autor).



Cualquier líquido recolectado en las cámaras es drenado hacia el sistema de recolección de condensados de la estación que finalmente descarga en el Knock Out Drum (V-001). El gas sale por la parte superior de las vasijas y se envía hacia la descarga de la estación.

Las características de los equipos y las condiciones de operación y diseño se presentan en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.:**

Tabla 7 Características y condiciones de operación de filtro de descarga. (Tomado de placa de fabricación).

(Nota) Presión y temperatura de diseño estimada de acuerdo a análisis de integridad.

FD-001/002		
CONDICIÓN	UNIDAD	VALOR
TIPO	-	VERTICAL
CAPACIDAD	MMSCFD	199.4
PRESIÓN OPERACIÓN	PSIG	1050-1200
PRESIÓN DISEÑO(Nota)	PSIG	1320
TEMPERATURA OPERACIÓN	°F	120
TEMPERATURA DISEÑO(Nota)	°F	170

Para proteger a los filtros de descarga en caso de sobrepresión, cada equipo dispone de una válvula de seguridad PSV-404 y PSV-405, las cuales tienen un setting de disparo por presión en 1440 Psig. El gas descargado en caso de disparo de la válvula de seguridad asociada a cada equipo, es enviado al Sistema de Venteos de la Estación.

El suministro de gas de recirculación de estación se toma a la salida de los filtros de descarga y aguas arriba del medidor de flujo de descarga.

El flujo de gas que sale del filtro de descarga se mide con el medidor de flujo tipo ultrasónico FE-200 que cuenta con un transmisor indicador de flujo FIT-200 que recibe señales de los transmisores de presión y temperatura PIT-209 y TIT-207 respectivamente. Ver imagen 9.

Figura 10 Medidor de flujo de succión FIT-200. (Autor).



Después de pasar el gas por el medidor de flujo se dirige hacia el manifold de descarga de la estación. Para protección de la Estación, aguas abajo del filtro de descarga, se cuenta con la válvula de Shutdown SDV-201, la cual durante operación normal permanece en posición abierta; únicamente en caso de Shutdown general de la estación, la lógica de seguridad ordena el cierre de la válvula antes mencionada.

La presión de salida de la estación puede variar dentro del rango entre 900 y 1200 Psig. Por otro lado, se considera que la máxima temperatura de descarga de la estación es de aproximadamente 120 °F.

- 3.1.6 **Recirculación de la estación.** La Estación de compresión cuenta con una línea de 6 pulgadas de diámetro para la recirculación descarga - succión de la Estación. Cuando la presión en la succión de los compresores disminuye por alto consumo del gasoducto y al mismo tiempo, dada la programación de la Estación, se pretende mantener la operación de compresión a fin de evitar apagar compresores o modificar la velocidad en los motores se realiza la operación de recirculación.

El gas recirculado se toma de la salida del filtro de descarga y se envía a la línea de succión de los compresores después del medidor de flujo de succión FE-100 ubicado en la aguas abajo de los filtros separadores de succión.

La recirculación se controla mediante la válvula de PV-200, que evita y mantiene por un tiempo determinado las condiciones mínimas en la succión de compresores.

En caso de que la presión de succión disminuya, es necesario recircular con el fin de mantener los compresores con carga y evitar daños en estos. Si la presión en la succión se mantiene baja constantemente, es necesario programar una parada secuencial de los compresores, hasta conseguir las condiciones normales de operación y alinear de nuevo los compresores.

Figura 11 Válvula de recirculación PV-200. (Autor).



La operación de recirculación en los compresores es la última opción de operación que se tiene en la Estación para evitar apagar las máquinas por baja presión de succión en la estación.

- 3.1.7 Sistema de alivio y tea.** El sistema de alivio está formado por las válvulas de alivio de presión (PSV), las válvulas de Blow down (BDV), un cabezal de recolección de relevos y venteos, un tambor K.O Drum (V-001) y un sistema de tea (FL-001).

Figura 12 Línea de tea y K.O. drum. (Autor).



Las válvulas de alivio de presión (PSV) desalojan el gas contenido en equipos y líneas durante una sobrepresión o una condición de operación anormal, con el fin de prevenir el exceso del incremento de la presión interna del gas con respecto al valor de presión de diseño establecido. Las válvulas de alivio desalojan el gas a través de líneas que envían el gas hacia el cabezal de la tea.

Cada uno de los paquetes de compresión dispone de válvulas de seguridad para desalojar el gas de con sobrepresión del scrubber y línea de descarga. El gas desalojado se envía hacia un cabezal común de recolección de relevos que posteriormente se envía hacia el cabezal de la tea.

Los equipos y líneas que envían venteos hacia el sistema de tea son:

- Slug cácher (PSV-101).
- Filtros Separadores de Succión (PSV-400) y (PSV-401).
- Línea de gas combustible a motores (PSV-402).
- Tambor gas de arranque (PSV-403).
- Filtros Descarga (PSV-404) y (PSV-405).
- Tambor acumulador de condensados (PSV-406).
- Venteos gas de arranque compresores.
- Relevos scrubber de los compresores.
- Compresores de gas (válvulas de seguridad del paquete de compresión).
- Venteos Manuales de Compresores (válvulas del paquete de compresión).
- Venteo manual de filtro de succión.
- Venteo manual de filtro de descarga.
- Sistema de Blow Down.
 - Blow Down del sistema de succión (BDV-400).
 - Blow Down del sistema de gas de arranque (BDV-401).
 - Blow Down del sistema de descarga (BDV-402).
 - Blow Down del sistema de gas combustible (BDV-403).

El cabezal de recolección y el K.O Drum (V-001) recibe los relevos de las válvulas de seguridad (PSV's) y las válvulas de Blow down (BDV's).

En operaciones de arranque o parada y en condiciones normales de operación, el cabezal de la tea recibe el gas proveniente de las unidades compresoras.

En caso de realizar una operación de mantenimiento, el filtro de succión (FS-001/002) y el filtro de descarga (FD-001/002), cuentan con una facilidad para despresurizarlos venteando el gas contenido y enviándolo hacia el cabezal de tea.

En condiciones de emergencia o condiciones anormales de operación de la Estación, todo el gas desalojado de las Válvulas de Alivio de Presión (PSV) y de las Válvulas de Blow down (BDV), se transportará por el cabezal de la tea hacia el K.O.Drum (V-001) y posteriormente hacia la tea (FL-001) en donde se quemara el gas.

El K.O Drum (V-001) separa los líquidos contenidos en la corriente de gas que se recoge en el cabezal de tea y además recibe los condensados del cabezal de condensados de la Estación.

El gas que se envía hacia la tea es medido con un medidor tipo ultrasónico FE/FIT-400. El cabezal de la tea no puede acumular líquidos, por lo que fue diseñado con una pendiente hacia el tambor de K.O Drum (V-001) con el fin de que los líquidos arrastrados por el gas fluyan por gravedad hacia el tanque.

Figura 13 K.O. Drum (V-001). (Autor).



Los condensados que se separan de la corriente de gas que recibe el K.O.Drum se envían hacia el tambor acumulador de condensados (V-003), impulsando el fluido por medio de las bombas del K.O.Drum (P-001 A/B).

El Knock Out Drum dispone de un sistema de bombeo que opera de forma neumática con aire de instrumentos para desalojar los condensados acumulados en el recipiente. Este sistema de bombeo está conformado por dos bombas neumáticas de doble diafragma. Durante operación normal, una bomba permanece operativa, mientras que la otra permanece como reserva.

Las características de los equipos, las condiciones de operación y de diseño se pueden observar en la tabla 8.

Tabla 8 Características y condiciones de operación de equipos de sistema de alivio. (Tomado de placa de fabricación).

V-001 (Flare Knock Drum)		
CONDICIÓN	UNIDAD	VALOR
CAPACIDAD	Galones	1620
DIÁMETRO	In	48
LONGITUD	Ft	16
PRESIÓN OPERACIÓN	PSIG	5
PRESIÓN DISEÑO	PSIG	50
TEMPERATURA OPERACIÓN	°F	60
TEMPERATURA DISEÑO	°F	110

P-001 A/B (Bombas electro neumáticas)		
CONDICIÓN	UNIDAD	VALOR
CAPACIDAD	Galones	15
PRESIÓN DIFERENCIAL	PSI	20
CONSUMO DE AIRE	SCFM@20PSIG	15
FL-001 (TEA)		
CONDICIÓN	UNIDAD	VALOR
CAPACIDAD	MMSCFD	80
DIÁMETRO	In	16
ALTURA	Ft	110

3.1.8 **Sistema de Blow down.** El sistema de Blow down actúa en caso de requerirse una despresurización del sistema después de que la Estación se lleva a Shut down general.

Las válvulas de Blow down (BDV) que envían venteos hacia el sistema de alivio son:

- Sistema succión compresores, BDV-400
- Sistema gas de arranque, BDV-401
- Sistema descarga compresores, BDV-402
- Sistema gas combustible, BDV-403

Figura 14 Válvulas de Blow Down de la estación de Padua. (Autor).



3.1.9 **Sistema de Medición de Gas.** La estación de compresión Padua cuenta con medidores ultrasónicos para el gas recibido en la succión (FIT-100), el gas entregado en la descarga (FIT-200) y el gas quemado en la Tea (FIT-400). El gas combustible es medido con el medidor de flujo tipo coriolis (FIT-300). Se cuenta además con transmisores de flujo para variables de presión, temperatura y un computador de flujo para los cálculos de caudal con base en los cambios de tales parámetros.

Figura 15 Medidores de flujo de la estación Padua. (Autor).



El sistema de medición es el encargado de medir y almacenar la información de flujo minuto a minuto.

3.1.10 Sistema auxiliares.

3.1.10.1 Sistema de condensados. El sistema de condensados está conformado por un cabezal de recolección de condensados, un tambor acumulador de condensados (V-003) y una bomba de transferencia de condensados a carro tanques (P-002).

El cabezal de recolección recibe los condensados drenados de:

- a) Slug Cácher SC-001.
- b) Filtro separador de succión FS-001/002.
- c) Compresores C-001/002/003/004/005.

d) Filtro descarga FD-001/002.

Figura 16 Tambor acumulador de condensados (V-003). (Autor).



Los condensados que se recogen en el cabezal se envían hacia el K.O.Drum (V-001), en donde también se separan los condensados de la corriente de gas del cabezal de la tea. Estos condensados se envían hacia el tambor acumulador de condensados (V-003) utilizando las bombas del K.O.Drum (P-001 A/B).

Para proteger este equipo se cuenta con una válvula de seguridad PSV-406 la cual tiene setting de disparo por presión de 50 Psig y una válvula de seguridad de vacío PSVE-500

Las características de los equipos, las condiciones de operación y de diseño se pueden observar en la tabla 9.

Tabla 9 Características y condiciones de operación del sistema de condensados. (Tomado de placa de fabricación).

V-003(Tambor acumulador de condensados)		
CONDICIÓN	UNIDAD	VALOR
CAPACIDAD	Galones	4320
DIÁMETRO	In	72
LONGITUD	Ft	18
PRESIÓN OPERACIÓN	PSIG	Atmosférica
PRESIÓN DISEÑO	PSIG	50
TEMPERATURA OPERACIÓN	°F	90
TEMPERATURA DISEÑO	°F	140
P-002(Bomba Electro neumática)		
CONDICIÓN	UNIDAD	VALOR
CAPACIDAD	GPM	40
PRESIÓN DIFERENCIAL	PSI	13

CONSUMO DE AIRE	SCFM@20PSIG	15
-----------------	-------------	----

El Tambor Acumulador de Condensado está instalado sobre un recinto de hormigón, el mismo que permitirá contener y coleccionar posibles drenajes o agua contaminados, para ser enviados al sistema de drenajes contaminados en caso de ser requerido.

3.1.10.2 Sistema de aire comprimido. El sistema de aire comprimido provee el aire a presión necesario para los trabajos que requieren el uso de herramientas neumáticas. También es utilizado en los sistemas de instrumentación como los actuadores de las válvulas de corte y los conversores I/P de las Válvulas de control.

El sistema paquete de aire comprimido (CA-01) está conformado por dos compresores de aire, dos filtros, dos secadores y dos tambores acumuladores externos, uno de aire de instrumentos (V-004) y otro de aire industrial (V-005).

En operación normal, únicamente funciona uno de los compresores, el segundo se considera como equipo de reserva.

Las líneas de aire industrial llevan suministro de aire a cada una de las estaciones de servicio de aire industrial de las unidades de compresión.

Las líneas de aire de instrumentos llevan el suministro de aire a cada una de las unidades de compresión. También se requiere suministro de aire para las bombas tipo diafragma, como la bomba de condensados del K.O.Drum (P-001A/B), la bomba de transferencia de condensados (P-002) y la bomba de aceite lubricante (P-003).

Figura 17 Compresores y tambores acumuladores de aire de instrumentos (V-004/005)
(Autor).



3.1.10.3 Sistema de gas combustible y arranque.

3.1.10.3.1 Sistema de gas combustible. El sistema de gas combustible está conformado por un cabezal que toma el gas de las líneas de succión y/o descarga de los compresores, lo regula y lleva hasta los motores de los compresores. El gas combustible es regulado por medio de válvulas auto reguladoras de presión PCV-300 y PCV-301 en succión y PCV-302 y PCV-303 en descarga a 150 Psig.

Figura 18 Sistema de gas combustible. (Autor)



El flujo de gas que sale del sistema de gas combustible se mide con el medidor de flujo tipo coriolis FE/FIT-300 que cuenta con un transmisor indicador de flujo FIT-300 que recibe señales de los transmisores de presión y temperatura PIT-300 y TIT-300 respectivamente.

Figura 19 Medidor de flujo FE/FIT-300. (Autor).



El sistema de gas combustible cuenta con la válvula de seguridad PSV-402 cuyo setting de disparo por presión es 175 Psig. Adicionalmente, el sistema dispone de la válvula de Blow Down (BDV-403) que opera en caso de Shutdown general de planta y Blow Down.

3.1.10.3.2 Sistema de Sistema de gas arranque. El sistema de gas de arranque está conformado por un cabezal que toma el gas de las líneas de succión y descarga de los compresores y lo lleva hasta los motores de los compresores. El gas de

arranque es regulado por medio de válvulas auto-reguladoras PCV-100 por la línea de succión y PCV-200 por la línea de descarga a 200 Psig.

El gas de arranque se almacena en el Tambor de gas de Arranque Motores (V-006), el cual asegura el suministro de gas de arranque a todos los compresores que estén en operación y puede manejar el caso en que se arranquen compresores simultáneamente, a la salida del tambor el gas de arranque se regula a 150 Psig.

Figura 20 Tambor y reguladores de gas de arranque. (Autor).



Las características de diseño y operación del tambor de gas de arranque V-006 se pueden observar a continuación:

Tabla 10 Características y condiciones de operación de tambor de gas de arranque. (Tomado de placa de fabricación).

V-006(Tambor de gas de arranque)		
CONDICIÓN	UNIDAD	VALOR
VOLUMEN	ft ³	170
PRESIÓN OPERACIÓN	PSIG	200
PRESIÓN DISEÑO	PSIG	225
TEMPERATURA OPERACIÓN	°F	80
TEMPERATURA DISEÑO	°F	130

Para protección del sistema de gas de arranque, el recipiente VA-001 dispone de la válvula de seguridad (PSV-403) cuyo set es 200 Psig.

3.1.10.4 Sistema de gas purga y piloto de tea. La línea de suministro de gas de purga y piloto se toma aguas debajo de la válvula manual de descarga de estación BA-211 ubicada en la salida de gas de la estación. El gas es regulado por la válvula PCV-201 de presión de gasoducto a 40 Psig, luego pasa la válvula regulador de respaldo

PCV-202 con setting de presión 40 Psig. El gas sale regulado a 40 Psig y se dirige a los sistemas de purga y piloto.

Figura 21 Regulación de gas piloto y purga de tea. (Autor)



3.1.10.4.1 Sistema de gas purga. El sistema de gas de purga tiene la función de evitar el ingreso de oxígeno al sistema del cabezal de tea de la estación, manteniendo una presión mayor a la que se tiene en el quemador de la tea.

El gas purga es regulado por medio de la válvula reguladora de presión PCV-400 a 5 Psig, este gas pasa por toda la tubería de venteo.

Figura 22 regulación de gas purga. (Autor).



3.1.10.4.2 Sistema de piloto de tea. Para el encendido de la tea se cuenta con un sistema de ignición electrónica de piloto, el cual está ubicado en el quemador de la tea y requiere suministro de gas.

El gas purga es regulado por medio de la válvula reguladora de presión PCV-480 a 3 Psig.

Figura 23 Regulación de gas piloto de tea (Autor)



3.1.10.5 Sistema de aceite lubricante. El sistema de aceite lubricante está conformado por el tanque horizontal de almacenamiento de aceite (TK-001), la bomba de transferencia de lubricante (P-003) y un cabezal general de distribución a los tanque elevados de cada una de las unidades de compresión (C-001/002/003/004/005).

Figura 24 Tanque de aceite lubricante (Autor)



La lubricación es vital para el funcionamiento satisfactorio del compresor. El compresor tiene un enfriador de aceite, ya que la temperatura máxima permitida del aceite que llega a la carcasa del compresor es de 190 °F (88 °C)⁵.

La lubricación ejecuta las siguientes funciones en un compresor:

- Reducción de la fricción. Al disminuir la fricción se disminuye el requerimiento de energía y el aumento de calor.
- Reducción del desgaste. Al disminuir el desgaste aumenta la expectativa de duración del equipo y disminuyen los gastos de mantenimiento.

⁵ Ariel Corporation. Compresores de cilindros opuestos equilibrados para trabajo pesado. Manual Técnico para los modelos: JGK y JGT. Rev10/98. P 4-1.

- Superficies de frotación frías. El enfriamiento de las piezas de frotación mantiene tolerancias de trabajo, prolonga la duración del aceite y extrae el calor del sistema.
- Prevención de la corrosión. La minimización de la corrosión superficial disminuye la fricción y el desgaste de los componentes. Suministra generalmente por los aditivos en lugar del lubricante base.
- Sellado y reducción de la acumulación de contaminantes. Mejora el sellado de gas en los anillos y pistones y empaquetaduras del vástago de pistón y elimina los contaminantes de las piezas móviles.
- Amortiguación de golpes. Se amortiguan las ondas de choque reduciendo así la vibración y el ruido y aumentando la duración de los componentes.⁶

El sistema de lubricación se utiliza a través del barboteo y baño de aceite en el conjunto del cigüeñal y árbol de levas. En los cilindros de fuerza y de compresión se utiliza inyección de aceite a presión por medio de bombas. La unidad compresora cuenta con bombas lubricadoras, uno para cada cilindro con medidores de consumo en los cilindros de fuerza y compresión respectivamente. El sistema está provisto de visores e indicadores de presión y nivel.

Tabla 11 Condiciones de operación y diseño del sistema de aceite lubricante.
de placa de fabricación).

(Tomado

TK-001 (Tanque de aceite lubricante)		
CONDICIÓN	UNIDAD	VALOR
CAPACIDAD	Galones	5200
DIÁMETRO	In	96
LONGITUD	Ft	12
PRESIÓN OPERACIÓN	PSIG	5
PRESIÓN DISEÑO	PSIG	50
TEMPERATURA OPERACIÓN	°F	89
TEMPERATURA DISEÑO	°F	140
P-003 (Bomba electro neumática)		
CONDICIÓN	UNIDAD	VALOR
CAPACIDAD	GPM	9
PRESIÓN DIFERENCIAL	PSI	18
CONSUMO DE AIRE	SCFM@20PSIG	15

⁶ Ariel Corporation. Compresores de cilindros opuestos equilibrados para trabajo pesado. Manual Técnico para los modelos: JGK y JGT. Rev10/98. P 4-2.

3.1.10.6 Sistema de condensados. El sistema de condensados recoge los líquidos separados durante el proceso, utilizando un cabezal común de recolección que lleva estos hasta el tanque acumulador de condensados (V-003).

Figura 25 Tanque de condensados (Autor).



El cabezal de 3 pulgadas de diámetro recoge los condensados separados en los filtros de succión, Slug Catches, unidades compresoras y filtros de descarga. Finalmente lleva los condensados hasta el K.O. Drum (V- 001).

Tabla 12 Condiciones de operación y diseño del sistema de condensados.
(Tomado de placa de fabricación).

V-003 (Tanque acumulador de condensados)		
CONDICIÓN	UNIDAD	VALOR
CAPACIDAD	Galones	4320
DIÁMETRO	In	72
LONGITUD	Ft	18
PRESIÓN OPERACIÓN	PSIG	5
PRESIÓN DISEÑO	PSIG	50
TEMPERATURA OPERACIÓN	°F	90
TEMPERATURA DISEÑO	°F	140

El Tambor Acumulador de Condensados (V-003) recibe los condensados separados del K.O. Drum (V-001).

3.1.10.7 Sumidero de aceite. Este equipo corresponde a un tanque de hormigón enterrado de 5 ft de longitud, 5 ft de ancho y 5.25 ft de altura.

Este equipo tiene la capacidad para recibir el aceite contenido en el cárter del motor de las 5 unidades de compresión. El aceite drenado por gravedad con

pendiente mínima 0.3%, proveniente de las unidades de compresión, es enviado al tanque sumidero mediante un colector principal de 1". Este sistema cuenta con una bomba, la cual realiza el drenaje del sumidero hacia el tanque de condensados (V-003).

Figura 26 Sumidero de aceite (Autor)



3.1.10.8 Sistema de generación eléctrica. La estación Padua dispone de un Generador de Emergencia de 178.8kW de potencia y con una tensión de generación de 480V-3F-60Hz.

El generador de emergencia de la Estación entra en funcionamiento únicamente cuando no se dispone de energía eléctrica proveniente de la red de distribución local.

Esta unidad generadora consta de un motor Perkins acoplado a un motor generador marca Stanford que opera con diésel como combustible y está montado sobre un patín. El equipo cuenta además con un tablero de transferencia automática y con un tanque de almacenamiento de diésel, instalado en el patín.

Figura 27 Generador eléctrico. (Autor)



**Tabla 13 Características técnicas del generador eléctrico.
(Tomado de placa de fabricación).**

Estación	Unidad	Marca	Modelo	Serial	Capacidad	Velocidad	Voltaje
Padua	motor	Perkins	YD37746	U914062U		1800 rpm	
	generador	Stanford	UCI274E1L 32D	M10D148808	178,8 KVA	1800 rpm	480

La estación dispone además de una unidad de potencia Ininterrumpida (UPS) con un tiempo de autonomía de 4 horas a plena carga, para alimentar a los siguientes servicios:

- Sistema de control.
- Sistema de Seguridad
- Sistema de F&G
- Panel de ignición de Tea.
- Gabinete de CCTV.
- Equipos de cómputo y toma corrientes reguladas en el área de oficinas.

3.1.10.9 Sistema de control de procesos PCS. Es el sistema que monitorea y controla todas las variables propias de operación de la Estación.

Está conformado por un controlador tipo DCS de marca BRISTOL CONTROL WAVE MICRO, instalado en un gabinete en el cuarto de control denominado P-CONTR-001.

Figura 28 Gabinete de control de procesos. (Autor).



Un sistema SCADA BRISTOL OPEN ENTERPRISE compuesto por un PC servidor (Estación de ingeniería), un PC Workstation (Estación de trabajo) y una red local; también hace parte del sistema de proceso.

Mediante los despliegues gráficos que aparecen en los monitores de estos ordenadores los operadores tienen la facilidad de monitorear y controlar todas las variables en campo mediante la instrumentación instalada.

3.1.10.10 Sistema de cierre de emergencia ESD. Para obtener una operación confiable y segura la estación cuenta con un sistema de emergencia ESD compuesto por un controlador HIMATRIX con un nivel de seguridad SIL 3, instalado en un gabinete ESD-001.

Figura 29 Gabinete de sistema de emergencia ESD. (Autor).



Este sistema ESD controla todas las válvulas SDV y BDV de la estación que conmutan a su estado de falla cuando existe una condición de emergencia de la estación, según la filosofía de la misma.

Este sistema cuenta con instrumentación de campo dedicada instalada en soportes de color rojo en la estación (monitoreo de presión, temperatura y nivel) y las válvulas de emergencia:

- SDV-100. Cierre de la línea de gas en la entrada de la estación.
- SDV-201. Cierre de la línea de gas en la salida de la estación.
- SDV-101. Cierre de la línea de gas combustible.
- SDV-200. Cierre de la línea de gas de arranque.
- BDV-400. Venteo a tea línea de gas en la entrada de la estación.
- BDV-402. Venteo a tea línea de gas en la salida de la estación.
- BDV-403. Venteo a tea línea de gas combustible.
- BDV-401. Venteo a tea línea de gas arranque.

Figura 30 Válvulas SDV y BDV. (Autor).



La estación tiene implementada dos acciones principales, automatizadas mediante el sistema ESD, cuando se presenta una condición de emergencia:

- Shut Down
- Shut Down y Blow Down

El Shut Down es la acción de respuesta que cierra las válvulas SDV-100, SDV-101, SDV-200 y SDV-201, en la entrada, salida gas combustible y gas de arranque de la estación respectivamente, efectuando el aislamiento de la estación del gasoducto (quedando presurizada).

El Shut Down general de la estación se presenta por las siguientes situaciones:

- Parada por alta presión en la succión.
- Parada por baja presión en la succión.
- Parada por alta alta presión en la descarga.
- Parada por baja baja presión en la descarga.
- Parada por alto alto nivel de condensados.
- Piloto de la tea apagado.
- Activación de pulsador duro ubicado en sala de control por decisión del operador.
- Activación de pulsador en pantalla por decisión del operador.
- Muy alto nivel de condensados en Slug Cácher, K.D. Drum, filtros de succión y descarga.
- Pérdida de señal de posición abierta de las válvulas de Shutdown de la Estación (SDV-100, SDV-201, SDV-200 o SDV-101).
- Muy alta presión en colector de succión de Unidades de Compresión y Enfriamiento.
- Baja presión en colector de succión de Unidades de Compresión y Enfriamiento.
- Muy baja presión de aire de Instrumentos.

El Shut Down Parcial en unidades de compresión se presenta por las siguientes situaciones:

- Muy alta presión de descarga de una Unidad de Compresión y Enfriamiento.
- Alta temperatura de descarga de una Unidad de Compresión y Enfriamiento.
- Detección de alto porcentaje de atmosfera explosiva (alto nivel % LEL) en una de las Unidades de Compresión y Enfriamiento.

El Shut Down y Blow Down es la acción de respuesta consecutiva que efectúa primero Shut down (cierra las válvulas SDV-100, SDV-201, SDV-200 o SDV-

101). Una vez se confirma el cierre de las 4 válvulas SDV anteriores se ventea a tea de inmediato el gas de las líneas de gas combustible y arranque abriéndose las válvulas BDV-403 y BDV-401, a partir de estos 2 minutos después se ventea a tea el gas de la línea de descarga (abriendo la válvula BDV-402) y la línea de succión (abriendo la válvula BDV-400)

El Shut down más Blow down general de la estación se presenta por las siguientes situaciones:

- Detección de fuego en la estación.
- Detección de fuga masiva de gas en las unidades de compresión.
- A criterio del operador.

3.1.10.11 Sistema de detección de fuego y gas (F&G). Es un sistema compuesto por un controlador EQP DET-TRONIX LCP-001, 6 detectores de fuego, 10 detectores de gas, 8 detectores de humo, 6 sirenas estrobos y 6 estaciones manuales de alarma.

Figura 31 Gabinete sistema F&G. (Autor).



Figura 32 Detectores de gas y fuego en zona de compresión. (Autor)



Las funciones generales que cumple el sistema son las siguientes:

- Detección automática de llama.

- Detección automática de mezcla explosiva.
- Activación de alarmas sonoras y visuales por detección de llama.
- Activación de alarmas sonoras y visuales por presencia de mezcla explosiva.
- Activación de alarmas sonoras y visuales por detección de humo.
- Activación manual de alarmas del sistema.

Las señales de parada de emergencia generadas están integradas al Sistema de Seguridad (ESD). Las alarmas sonoras y visuales permanecerán encendidas hasta que sean desactivadas manualmente desde el panel.

3.1.10.12 Paradas de Planta y Equipos

3.1.10.13 Paradas Programadas. Los paros programados en la Estación de Compresión suponen prestar la máxima atención a la seguridad del personal y los equipos, procediendo mediante cambios graduales y controlados de las variables operativas.

Antes del inicio de la operación es necesario tener en cuenta todas las instrucciones de los fabricantes de los equipos y sacarlos de servicio siguiendo las instrucciones indicadas.

En este manual se asume que el personal que opera la Estación Padua tiene experiencia en operación y mantenimiento.

A continuación se describen las acciones mínimas a realizar para el paro programado de la Estación Padua:

- Reducir gradualmente la velocidad de los compresores hasta llegar al mínimo.
- Detener cada compresor siguiendo la secuencia indicada por el fabricante.
- Cerrar la válvula de Shutdown (SDV-100) de ingreso a la Estación y la válvula de Shutdown (SDV-201) de salida de la Estación.

3.1.10.14 Paradas de Emergencia. La Estación Padua dispone de válvulas de Shutdown (SDV) localizadas en lugares estratégicos, las cuales permiten dividir las instalaciones en distintos sectores. Ante una situación de riesgo, se puede generar el cierre de las SDV, aislando y protegiendo las instalaciones y equipos en caso de ser necesario.

Se han previsto dos niveles de Shutdown, uno de ellos con dos subniveles:

- **Shutdown Nivel 1:** Shutdown Nivel 2 Total + Blow Down de la Estación.
- **Shutdown Nivel 2 Total:** Shutdown General de la Estación, que implica el paro de todas las Unidades de Compresión y el cierre de todas las válvulas de Shutdown (SDVs).

- **Shutdown Nivel 2 Parcial:** Paro de una Unidad de Compresión y Enfriamiento.

Paro General de la Estación con Despresurización (Shutdown Nivel 1)

Un paro general despresurizado tiene lugar cuando se considera riesgoso para el personal así como para las instalaciones el mantener la Estación presurizada con hidrocarburos en estado gaseoso, debido a la existencia de fugas, fuego u otras causas graves.

Durante el paro general con despresurización, la Estación debe pasar a una condición segura, debe ser bloqueada y venteada. Para ello el sistema de seguridad realiza las siguientes acciones:

- Cierre de todas las SDV de la Estación.
- Paro de las Unidades de Compresión y Enfriamiento.
- Apertura de las válvulas de Blow Down.

Cabe mencionar que el paro general de la Estación no produce la parada de los compresores de aire. Esta acción permite disponer del aire de instrumentos para mantener el control neumático de los instrumentos de la Estación.

De acuerdo a la filosofía de venteo (despresurización) de la Estación, se producirá de forma automática junto con el paro general. A fin de poder realizar operaciones de despresurización, la Estación dispone de válvulas siguientes válvulas de Blow Down:

- BDV-400. Venteo a tea línea de gas en la entrada de la estación.
- BDV-402. Venteo a tea línea de gas en la salida de la estación.
- BDV-403. Venteo a tea línea de gas combustible.
- BDV-401. Venteo a tea línea de gas arranque.

Para habilitar nuevamente la Estación después de una parada de emergencia con despresurización, el personal de operaciones deberá, en primera instancia, eliminar la causa o motivo que generó la parada.

Paro de Una Unidad de Compresión (Shutdown Nivel 2 Parcial)

Además del paro automático (SD-2 parcial) provocado por las acciones arriba listadas, la parada de una Unidad de Compresión se puede realizar de forma local a través de un pulsador duro ubicado en el panel de control local.

Durante el paro de una Unidad de Compresión el sistema de seguridad (ESD) actúa de la siguiente forma:

- Cierre de la válvula FV ubicada en la succión de la unidad de compresión.
- Paro de la Unidad de compresión y enfriamiento.

Un Sistema SCADA cumple básicamente dos funciones Seguridad del Gasoducto y Eficiencia en la Operación.

4.0 DESCRIPCION DE LA OPERACIÓN

La estación Padua recibe gas natural del sistema nacional de gas proveniente de la estación de Vasconia. El gas es transportado a través de un sistema de tuberías, válvulas y accesorios.

4.1 SISTEMA DE RECIBO DE GAS.

El gas que viene por el gasoducto ingresa por la línea de succión a la Estación a través de una línea de 16 pulgadas de diámetro.

El llenado inicial de la estación de compresión se realizará por medio de la válvula GL-100 de 2" bypass de la SDV-100, teniendo la válvula de bola 2" BA-112 abierta mientras dura el llenado.

Para poner los compresores en línea es necesario que la presión esté en los valores de operación de compresión en la succión, hasta que las condiciones de operación se estabilicen en sus valores normales determinados, se cierra el bypass de la SDV-100.

La válvula de cierre de emergencia SDV-100 tiene la función de aislar y proteger la Estación en caso de ser requerido tomando como parámetro la lectura del PI-100 y en caso de alta presión (800 Psig) no se requerirá la operación de los compresores y se debe abrir el bypass de la estación.

4.1.1 **Etapa de Regulación.** La etapa de regulación permite regular el gas en la succión de los compresores para garantizar las condiciones operativas requeridas para una operación normal.

El gas que viene por el gasoducto ingresa por la línea de succión a la estación a través de una línea de 16 pulgadas de diámetro. En la línea de entrada, se encuentra el indicador de presión PI-100; la válvula de Shutdown SDV-100, el transmisor de presión PIT-100, el transmisor de temperatura TIT-100, la válvula ON/OFF de flujo FV-100, la cual tiene by-pass con la válvula reguladora PV-100 que permite regular la presión en la succión en caso que se presenten variaciones.

Para poner los compresores en línea es necesario que la presión esté en los valores de operación de compresión en la succión (600 – 900 Psig), hasta que las condiciones de operación se estabilicen en sus valores normales determinados, se cierra el bypass de la SDV-100.

La válvula PV-100 la actúa el operador en modo manual remoto desde el SCADA, cuando la presión dada por el transmisor de presión PIT-112 ubicado en el cabezal

de succión de los compresores, sobrepasa los valores de ajuste de operación de presión, ajustando esta hasta los valores determinados o la operación lo requiera. Cuando las condiciones del gasoducto sean aptas para operación de las unidades se abre la válvula de flujo FV-100 paralela a la válvula de regulación de presión PV-100 y se cierra esta última.

Figura 33 Válvula PV-100(Izq.) y FV-100(Der.). (Autor)



Para poner en línea las unidades compresoras se requiere hacer caer la presión a valores de operación en la succión, hasta que la operación de la estación completa se estabilice en sus valores normales de operación, de acuerdo con los valores establecidos.

Una operación de control de presión también se realiza después de presentarse una parada de la estación y se requiere colocar la estación en línea. Para esto, es necesario cerrar el by-pass de la estación con el fin de equilibrar presiones, antes de presurizar el sistema y ejecutar la regulación.

La válvula de cierre de emergencia SDV-100 aísla y protege la estación en caso de parada de emergencia.

El gas que pasa a través de la línea de succión de la estación llega hasta el Slug Cátcher (SC-001), el cual evita baches de flujo intermitente y de esta forma previene daños o mal funcionamiento aguas abajo de este equipo de proceso. El Slug Cátcher es un separador que permite la separación inicial de las fases gas y líquido. El Slug Cátcher cuenta con un control de nivel de condensados conformado por el LIT100 y LIT-101 que monitorean los niveles bajo y alto y una válvula de control LV-100. El retiro de líquido se lleva a cabo por la parte inferior del Slug Cátcher mediante el cuadro de control que manipula la válvula de control LV-100, ubicada sobre la línea de salida de condensados.

Los condensados se envían hacia el cabezal de condensados de la Estación, el cual transporta los condensados hasta el K.O.Drum (V-001).

Figura 34 Control de nivel del Slug Cátcher. (Autor).



Cuando el nivel de condensados sobrepasa un valor predeterminado en las alarmas establecidas se genera un Shut down general de la Estación.

El Slug Cátcher cuenta con la válvula de alivio PSV-101 con un set de presión a 1320 Psig como protección del equipo en caso que se presente una sobrepresión en el sistema.

4.2 FILTRACIÓN SUCCIÓN Y MEDICIÓN DE GAS.

La línea de salida de gas del Slug Cátcher (SC-001) lleva el gas hacia el filtro separador de succión (FS-001/002).

El filtro de succión tiene como función asegurar las condiciones del gas que se va a entregar al sistema de compresión.

El filtro cuenta con el medidor de presión diferencial PDIT-100/101, a través del cual se puede identificar las pérdidas de presión al interior de los filtros que permiten monitorear el estado de los elementos filtrantes, para que el operador identifique cuando debe cambiarlos. Se considera que el diferencial máximo será de 10 psi entre succión y descarga.

Para alinear el filtro es necesario abrir las válvulas manuales ubicadas aguas arriba y aguas abajo de los filtros.

Los filtros de succión también cuentan cada uno con dos visores de nivel LG-101/102 y LG-103/104; que permiten al operador monitorear el nivel de condensados separados el cabezal de condensados mediante los cuadros de control de nivel que contiene las válvulas LV-101/102 y LV-103/104,

También se tiene control automático de nivel de condensado automático, efectuado por el sistema de control de procesos.

El filtro tiene una válvula de alivio y presión PSV-400/401 con un setting de presión a 1000 psi, como protección al equipo en caso de presentarse un aumento de presión o por expansión térmica. Cuando esta válvula dispara envía el gas hacia el cabezal de tea.

El gas que sale del filtro se mide mediante el medidor FE/FIT-100 de 16" marca Daniel, el cual tiene la función de establecer el flujo actual que se está recibiendo en la estación y aportar datos totalizados. Este cuenta con el indicador transmisor de flujo FIT-100 que recibe señales de los transmisores PIT-103 y el TIT-101.

Figura 35 Medidor de flujo Ultrasónico Daniel – succión (Autor).



Seguridad y Alarmas

Si en operación normal en la línea de succión que recibe el gas Ballenas/Cusiana, la presión monitoreada por los transmisores PIT-112 o PIT-100 está por fuera de rango (600 a 900 Psig) requerido para el funcionamiento de las unidades de compresión se activara las alarmas del sistema y si está por fuera del intervalo 550 a 950 psi, el sistema efectúa Shut down.

Si el nivel de condensados en el filtro sobrepasa un valor de emergencia establecido por un interruptor de nivel LSHH, se efectúa Shut down.

Si el nivel de condensados en el filtro está por debajo de un valor de emergencia establecido por un interruptor de nivel LSL, el sistema bloquea de inmediato la válvula LV en el cuadro de control de nivel respectivo, con el fin de prevenir que pase gas al cabezal de recolección de condensados.

En caso que el nivel de condensados en el filtro este por debajo de 6 in, el operador deberá cerrar la válvula de globo del bypass del cuadro de salida de condensado con el fin de prevenir que pase gas al cabezal de recolección de condensados.

4.3 SISTEMA DE COMPRESIÓN.

El gas que sale del filtro separador de succión ingresa a los compresores C-001/002/003/004/005 pasando inicialmente por los scrubber vertical del paquete de compresión, el cual separa los condensados presentes en el gas.

Cada compresor está diseñado para entregar 65 MMSCFD de gas, a una presión de succión del compresor de 600-900 Psig y temperatura de 80 °F y descarga a una presión entre 900-1200 Psig. El sistema de compresión cuenta con un Aero enfriador por cada unidad compresora, el cual enfría el gas comprimido hasta una temperatura menor a 120 °F.

Los compresores son tipo reciprocante y utilizan motor a gas. Estos operan de acuerdo a los requerimientos de los consumidores del gasoducto y se tiene disponible mínimo una (1) unidad compresora.

Las unidades compresoras pueden variar la velocidad entre 700 y 1200 rpm. Para esto se cuenta con un selector de RPM local/remoto, instalado en el lado derecho del panel de control de cada unidad, permitiendo al operador variar la velocidad de la unidad desde la interfaz HMI Murphy o desde el Scada.

El gas filtrado y medido se envía hacia el cabezal del sistema de compresión. En la línea de succión de los compresores (C-001/002/003/004/005) se encuentran las válvulas de flujo FV-102/104/106/108/110 que permiten el ingreso del gas a los compresores. Estas válvulas tienen un bypass con las válvulas FV-101/103/105/107/109 de 2 pulgadas de diámetro; por las cuales se realiza la presurización de las unidades compresoras.

En operación, para alinear cada compresor el operador puede actuar las válvulas de succión desde el SCADA, inicialmente la del bypass con el fin de presurizar la línea de una forma ascendente y a continuación se operan las válvulas principales.

El procedimiento para dar ruta de flujo se finaliza cerrando las válvulas del bypass.

Figura 36 Válvulas en la succión de compresores FV-102/104/106/108/110. (Autor)



Seguridad y Alarmas

Además de tener una función operativa, las válvulas de control FV ON/OFF (bypass y principal) en la succión de los compresores se utilizan para aislar y proteger los compresores en caso de emergencia.

En la succión de los compresores se cuenta con una supervisión de presión en el SCADA mediante los transmisores PIT-104, PIT-105, PIT-106, PIT-107, PIT-108 y en la descarga de temperatura y presión con los transmisores PIT-200 y TIT-200, PIT-201, TIT-201, PIT-202, TIT-202, PIT-203, TIT-203, PIT-204 y TIT-204 para C-001, C-002, C-003, C-004 y C-005 respectivamente.

Así para C-001, cuando la presión de descarga es mayor o igual a 1300 Psig y la temperatura es mayor o igual a 140 °F, el sistema ESD efectúa Shut down local apagando por emergencia el compresor C-001 y cerrando las válvulas de succión FV-102 y bypass FV-101.

Cada paquete de compresión y enfriamiento cuenta con un sistema propio de válvulas de Alivio (PSV) que envían el gas desalojado hacia el cabezal de tea.

Las unidades compresoras cuentan con su propio sistema de Shutdown.

4.4 FILTRACIÓN DESCARGA Y MEDICIÓN DE GAS.

El gas comprimido se lleva hacia el filtro de descarga (FD-001/002). Este filtro tiene el indicador de presión diferencial PDIT-200/201 que entrega una medida de la caída de presión (ΔP) e indica cuando es necesario cambiar los elementos filtrantes. Las alarmas por alta presión indican al operador cuando se debe realizar el respectivo mantenimiento al filtro.

Los filtros de descarga también cuentan con dos visores de nivel LG-200/201 y LG-202/203; que permiten al operador monitorear el nivel de condensados separados en

cada cámara de filtración y realizar el drenaje hacia el cabezal de condensados mediante los cuadros de control de nivel que contienen las válvulas LV-200/201 y LV-202/203.

También se tiene control automático de nivel de condensados efectuado por el sistema de control de procesos.

Los filtros tienen una válvula de alivio y presión PSV-404 y PSV-405 con setting de presión a 1320 psi, como protección al equipo en caso de presentarse un aumento de presión o por expansión térmica. Cuando esta válvula dispara envía el gas hacia el cabezal de tea.

El gas que sale del filtro de descarga se mide mediante el medidor FE/FIT-200 de 12" marca Daniel que tiene como función establecer el flujo actual que se está enviando de la estación al gasoducto y aportar datos totalizados. Este cuenta con el indicador transmisor de flujo FIT-200 que recibe señales de los transmisores PIT-209 y TIT-207.

Figura 37 Medidor de flujo de gas en la descarga Daniel. (Autor)



Seguridad y Alarmas

Si en operación normal en la línea de descarga, la presión monitoreada por el transmisor PIT-209A está por fuera de rango de 900 a 1200 Psig requerido para el funcionamiento de las unidades de compresión el sistema activara las alarma, pero si está por fuera de rango de 850 a 1250 Psig el sistema efectúa Shut down.

Se debe monitorear frecuentemente los visores de nivel de los filtros separadores de descarga (FD-001/002).

Si el nivel de condensados en el filtro de descarga sobrepasa un valor de emergencia establecido por un interruptor de nivel LSHH, se efectúa Shut down.

Si el nivel de condensados en el filtro de descarga está por debajo de un valor de emergencia establecido por un interruptor de nivel LSSL, el sistema ESD bloquea de inmediato las válvulas LV en el cuadro de control de nivel respectivo, con el fin de prevenir que pase gas al cabezal de recolección de condensados.

4.5 SISTEMA DE ALIVIO Y TEA.

El tambor K.O.Drum (V-001) cuenta con el indicador de presión PI-400 y un Transmisor indicador de nivel LIT/LG-400.

Los condensados separados en el K.O.Drum se envían utilizando las bombas (P-001A/B) hacia el Tambor Acumulador de Condensados (V-003).

En operación normal el K.O. Drum cuenta con un control de nivel automático que monitorea el nivel mediante el transmisor LIT-400 y drena los condensados hacia el tanque acumulador de condensados (V-003), mediante las bombas electro neumáticas P-001A/B; arrancando una bomba cuando el nivel de líquido sobrepase 13" y apagándola cuando llegue a 4". El operador selecciona desde los despliegues gráficos cual bomba funcionará a criterio propio. Únicamente entra en operación una bomba y la otra queda disponible.

Estas bombas (P-001A/B) funcionan con el aire de instrumentos.

Figura 38 Bombas electro neumáticas del K.O. Drum y control de líquidos. (Autor).



Además, el flujo de gas separado por el K.O. Drum se envía hacia el cabezal de la tea después de que es medido con el medidor de flujo ultrasónico FE/FIT-400 que envía señal al transmisor indicador de flujo FIT-400 el cual recibe señal del transmisor indicador de presión PIT-401 y TIT-400.

Seguridad y Alarmas

El sistema de emergencia no permite que el nivel del líquido en el K.O.Drum (V-001) llegué a los valores extremos de emergencia de 2" (nivel bajo-bajo) y 18" (nivel alto-alto); con el fin de evitar que se envíe gas al tanque de condensados y se arrastre líquidos hacia la Tea respectivamente.

Cuando el nivel de condensados alcance el valor extremo de 18" el sistema ESD efectúa Shut down de la estación automáticamente.

4.6 RECIRCULACIÓN DE LA ESTACIÓN.

La válvula de recirculación PV-200 se debe operar desde el SCADA cuando la presión indicada en la succión por el PIT-111, ubicado en el cabezal de succión de los compresores, presenta valores por debajo de los sugeridos (600 Psig) para evitar apagar compresores o modificar revoluciones en los motores. Siempre y cuando la válvula PV-100 ubicada en la línea de entrada a la estación se encuentre totalmente abierta, la válvula de recirculación PV-200 mantendrá la presión en el cabezal de succión en los rangos recomendados.

Si la condición de baja presión en la succión continúa por un tiempo prolongado, será necesario apagar secuencialmente compresores para mantener la operación, hasta que la situación indique que se requiere la alineación nuevamente de más compresores.

5.0 PROCEDIMIENTOS DE ARRANQUE, PARADA Y EMERGENCIA DE LA ESTACIÓN.

5.1 PROCEDIMIENTOS DE ARRANQUE EN CONDICIONES NORMALES

El pre-arranque de la Estación de compresión contempla una serie de actividades generales que se desarrollan cuando se finaliza la inspección o el mantenimiento de la estación y tiene tres propósitos especiales:

- Asegurar mediante inspección completa y prueba, que la planta es segura, operable y está construida o reparada según lo planeado.
- Preparar el equipo para la operación mediante limpieza, lavado, vaporizado, soplado con aire, operación al vacío u otros.
- Familiarizar el proceso de la estación con los operadores que están en etapa de entrenamiento.

Previo al arranque de la estación de compresión, se deben realizar los procedimientos de chequeo principales mencionados a continuación:

- a) Chequeo de Construcción
 - Chequeo detallado de tubería.
 - Chequeo del sistema eléctrico.
 - Chequeo / verificación de la Instrumentación.
 - Chequeo de los paneles de control locales.
 - Prueba de los controles de comunicación.
 - Chequeo del sistema de emergencia.
- b) Chequeo detallado de tubería
 - Prueba hidrostática.
- c) Prueba neumática
 - Programación de las pruebas.
- d) Preparaciones específicas de equipos
 - Compresores
 - Bombas

Los sistemas utilitarios de la estación se deben poner en servicio antes del arranque de las unidades de proceso. Se considera que el sistema de energía eléctrica está disponible para el arranque de la planta. La secuencia general de arranque de los sistemas utilitarios se debe desarrollar de la siguiente manera:

- Establecer el sistema de energía eléctrica para la planta.
- Establecer del sistema de aire de instrumentos de planta.

El sistema de aire de instrumentos para la planta es alimentado desde el paquete de aire comprimido CA-001.

Se deben desarrollar los siguientes pasos previos al arranque del sistema:

- Asegure que todos los procedimientos de pre-arranque, chequeo de construcción y chequeo de tubería han sido ejecutados para el sistema.
- Se considera que las líneas asociadas del sistema de aire se encuentran libres de fugas, de agua acumulada y limpias.
- Poner en servicio los sistemas de drenaje abierto y el sistema de drenaje cerrado.
- Poner en servicio el sistema de tea.
- Inicio de arranque de las unidades principales de proceso en el siguiente orden:
 - Arranque de los compresores.
 - Puesta en servicio de bombas.

5.2 PRESURIZACIÓN DE LA ESTACIÓN.

Se considera que las líneas de ingreso y salida de la estación de compresión han sido presurizadas hasta las válvulas SDV-100 y SDV-201 respectivamente.

Para el ingreso de gas a la estación se realiza el siguiente procedimiento:

- Verificar previamente que los lazos de control asociados a las válvulas FV- 100 y PV-100 se encuentran en posición cerrada.
- Verificar que las válvulas de ingreso de gas a los filtros separadores de succión se encuentren en posición cerradas BA-105, BA-113 y BA-114, BA-107.
- Iniciar la presurización de la línea de ingreso a la estación hasta las válvulas de ingreso a los filtros separadores de succión, mediante la apertura gradual de la válvula de globo GL-112 asociada al bypass de la válvula SDV-100. La válvula BA-100 deberá encontrarse en posición abierta.
- Monitorear la presurización de la línea y Slug Cátcher (SC-001) mediante lectura de presión en transmisor de presión PIT-100.
- Verificar que todos los instrumentos asociados a la descarga de líquidos del Slug Cátcher se encuentran habilitados.
- Fijar los controladores de nivel de líquidos en el Slug Cátcher. Los bloqueos de las válvulas de control deben estar abiertos y su by-pass cerrado, a menos que se indique lo contrario.
- Todas las válvulas SDV y BDV deben estar cerradas, a menos que se indique lo contrario.

5.3 SISTEMA DE FILTROS SEPARADORES DE SUCCIÓN.

Para la puesta en marcha de los Filtros Separadores de Succión (FS-001/002) se realiza el siguiente procedimiento:

- Abrir la válvula de salida del filtro separador de succión operativo para el FS-001 la BA-106 y para el FS-002 la BA-115.
- Iniciar la presurización del filtro separador de succión, mediante la apertura gradual de la válvula globo GL-102 para el FS-001 y GL-101 para el FS-002, asociada al bypass de la válvula de bloqueo de ingreso a cada filtro. Se considera

que previamente se ha realizado el procedimiento de apertura de la válvula esférica asociada al bypass correspondiente.

- Monitorear la presurización de cada Filtro Separador de Succión mediante lectura de presión del transmisor PIT-101 para el filtro FS-001 y el PIT-102 para el filtro FS-002.
- Verificar que todos los instrumentos asociados a la descarga de líquidos de cada Filtro Separador de Succión se encuentran habilitados.
- Los bloqueos de las válvulas de control deben estar abiertos y su bypass cerrado, a menos que se indique lo contrario.
- Una vez presurizado el Filtro Separador de Succión que permanecerá operativo, cerrar la válvula globo y la válvula de bola, ambas asociadas al bypass de la válvula de ingreso al Filtro.
- Abrir la válvula de ingreso al Filtro Separador de Succión elegido como operativo BA-105 para el FS-001 y BA-107 para el FS-002 y verificar que se encuentre cerrada la válvula de bloqueo de salida del Filtro Separador que permanecerá como reserva BA-106 para el FS-001 y BA-115 para el FS-002.
- Todas las válvulas SDV y BDV deben estar cerradas, a menos que se indique lo

5.4 SISTEMA LÍNEA DE DESCARGA.

Se considera que las líneas de ingreso y salida de la estación de compresión han sido presurizadas hasta las válvulas SDV-100 y BA-SDV-201 respectivamente.

Para el ingreso de gas a la línea de descarga de la estación se realiza el siguiente procedimiento:

- Verificar previamente que los lazos de control asociados a las válvulas SDV-201 se encuentra en posición cerrada.
- Iniciar la presurización de la línea de descarga de la estación hasta las válvulas de salida a los filtros separadores de descarga, mediante la apertura gradual de la válvula de globo GL-202 asociada al bypass de la válvula SDV-201. La válvula BA-211 deberá encontrarse en posición abierta.
- Monitorear la presurización de la línea mediante lectura de presión en transmisor de presión PIT-209.
- Todas las válvulas SDV y BDV deben estar cerradas, a menos que se indique lo contrario.
- Abrir la válvula de salida del filtro Separador de descarga elegido como operativo BA-207 para el FS-001 y BA-208 para el FS-002. El filtro no se presuriza debido a la válvula cheque ubicada aguas abajo de la salida de este.

5.5 SISTEMA FILTRO DE DESCARGA

Para presurizar el filtro de descarga se realiza el siguiente procedimiento en una de las unidades compresoras.

La siguiente secuencia puede realizarse en cualquiera de las unidades compresoras C-001/002/003/004/.

- Asegurarse de que la Unidad de compresión esté en condiciones de presurizarse con gas.
- Abrir la válvula de entrada del filtro separador de descarga que permanecerá operativo BA- para el FS-001 y BA-107 para el FS-002.
- Abrir la válvula de bola de descarga de la unidad compresora BA-200/201/202/203/204.
- Abrir la válvula de succión de la unidad compresora FV-102/104/106/108/110 para presurizar la tubería de descarga y el filtro. Hasta que la presión medida en el PIT-207 para el FD-001 y PIT-208 para el FD-002 sea igual a la presión en el Filtro de Succión operativo.
- Cerrar las válvulas de descarga de la unidad utilizada BA-200/201/202/203/204 y ventear la unidad utilizada.

5.6 SISTEMA DE GAS COMBUSTIBLE Y ARRANQUE.

Para realizar la presurización de los sistemas de gas de arranque y combustible deben estar presurizadas todas las líneas de procesos de la estación.

Esta presurización se debe llevar a cabo de la siguiente forma:

- Para el sistema de combustible abrir las válvulas BA-110, BA-302, BA-107 y BA-303 en el lazo de succión y las válvulas BA-216, BA-300, BA-217 y BA-301 para el lazo de descarga. Se debe mantener operativo solo uno de los lazos.
- Verificar la presurización de la línea, mediante lectura del indicador de presión PI-300.
- Para el sistema de gas de arranque abrir las válvulas BA-109 y BA-351 en el lazo de succión y las válvulas BA-215 y BA-350 para el lazo de descarga. Se debe mantener operativo solo uno de los lazos.
- Verificar la presurización del tambor acumulador de gas combustible V-006, mediante lectura del transmisor de presión PIT-350.

5.7 ARRANQUE DE UNIDADES DE COMPRESIÓN.

Previo a la puesta en marcha de las Unidad de Compresión, se debe realizar una inspección general de la Estación de compresión teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Verificar las válvulas del cabezal de succión.
- Verificar la Presión del cabezal.
- Verificar el nivel de aceite en el motor y el nivel de aceite en el compresor.
- Verificar el nivel de aceite hidráulico para los actuadores.
- Verificar el nivel de aceite lubricante en los tanques elevados de las unidades compresoras.

- Verificar el nivel de agua refrigerante en los tanques de expansión de las unidades compresoras.
- Verificar y/o cerrar válvula by-pass del cabezal.
- Verificar y abrir las válvulas de gas combustibles y gas de arranque.
- Verificar y abrir la válvula de gas de arranque para los motores de la unidad.
- Verificar y abrir válvula de descarga de los motores de arranque.
- Verificar y abrir válvulas del suministro de aceite del tanque aéreo, entrada al motor y al compresor.
- Realizar lubricación manualmente al compresor hasta una presión de 20 psi.
- Verificar y abrir la válvula de suministro de aire a la unidad compresora.
- Las válvulas de recirculación y Blow down de las unidades compresoras deben estar abiertas.

Después de realizar las inspecciones y verificaciones requeridas se procede a realizar el arranque de la unidad.

1. Energizar el tablero de control colocando la perilla principal en el modo ON.
2. Revisar parámetros (fallas) en el tablero de control.
3. Colocar en modo START la unidad comenzando con una velocidad de 700 RPM.
4. Verificar que la unidad realice la secuencia de pre lubricación en motor y compresor.
5. Subir progresivamente la velocidad del motor hasta llevarlo a una velocidad de 900 RPM.
6. Realiza inspección general de la unidad compresora, verificando el correcto funcionamiento de los sistemas.
7. Mantener la unidad a una velocidad de 900 RPM hasta que el aceite en el motor alcance una temperatura de 150 °F y 130 °F el agua de las camisas.
8. Abrir la válvula de by-pass de succión de la unidad compresora FV-101/103/105/107/109 por medio del pulsador ubicado en el panel de control o desde el monitor del SCADA para empezar a presurizar la unidad compresora.
9. Realizar un venteo de la unidad por un tiempo aproximado a 5 segundos, purgando el sistema.
10. Cerrar la válvula de Blow down de la unidad compresora con el interruptor de 2 posiciones ubicado al costado derecho del panel de control de la unidad compresora.
11. Al igualar la presión del cabezal de succión PIT-112 con la presión de la unidad se abre la válvula de succión principal FV 102/104/106/108/110.
12. Cerrar la válvula de recirculación de la unidad compresora con el interruptor de 2 posiciones ubicado al costado derecho del panel de control de la unidad compresora.
- 13 Cada unidad debe tener una carga mínima del 55 %.
- 14 Verificar y maniobrar las unidades para el cumplimiento de la nominación requerida.

El operador es responsable de que las Unidades de Compresión permanezcan en operación y en qué momento lo harán. Por lo antes anotado, el operador en sala de control debe mantener comunicación continua y una adecuada coordinación con el operador del CPC, para asegurar el cumplimiento de todas las condiciones de seguridad para iniciar operaciones de arranque.

5.8 PARADA UNIDAD COMPRESORA

Los procedimientos de parada de la unidad de compresión se realizan cuando se necesita terminar una nominación y se requiere sacar la estación de línea.

El procedimiento se debe realizar de la siguiente forma:

1. Bajar la velocidad del motor controladamente, llevándola hasta 900 RPM.
2. Abrir la válvula de recirculación de la unidad (sacando la unidad de línea) con el interruptor de 2 posiciones ubicado al costado derecho del panel de control de la unidad compresora.
2. Bajar la velocidad del motor controladamente, llevándolo a 700 Rpm.
3. Cerrar la válvula de succión de la unidad FV 102/104/106/108/110 y oprimir el botón test en el panel Murphy.
4. Abrir la válvula de Blow down para ventear la unidad de compresión a la tea, con el interruptor de 2 posiciones ubicado al costado derecho del panel de control de la unidad compresora.
5. Oprimir el botón Stop en el panel Murphy del panel de control, quedando la unidad en cold down.
6. Se detiene la unidad y empieza la post lubricación.
7. Terminada la post lubricación. Colocar en el control principal en modo OFF apagando por completo la unidad.
8. Cerrar las válvulas de gas combustible, gas de arranque y de aire de la unidad compresora.

5.9 OPERACIÓN Y CONTROL NORMAL UNIDADES DE COMPRESIÓN

Dentro de la operación normal del equipo, se busca garantizar el óptimo funcionamiento de la unidad compresora teniendo en cuenta algunos parámetros recomendados por el fabricante.

- Chequear posibles fugas de gas en la tubería.
- Revisión general de la unidad observando posibles anomalías.

Durante la operación de las unidades se deben realizar revisiones y tomar parámetro de funcionamiento de las unidades.

- Cada hora se toman datos en el PLC del sistema
- Cada dos horas se toman datos en el tablero de control de las unidades.

Los datos tomados cada hora en el PLC del sistema son los siguientes:

- Temperatura de succión y descarga (°F)
- Presión de succión y descarga (Psig)
- Flujo de descarga en KPC/H y acumulado
- Flujo de succión en KPC/H y acumulado
- Combustible consumido KPC/H y acumulado
- Descarga o venteo al sistema de alivio y tea

Los datos tomados cada 2 horas en el tablero de control de la maquina son:

- Temperatura del aire (°F)
- Temperatura del agua
- Corrección de combustible (%)
- Presión del aire (Psig)
- Presión del aceite del motor (psi)
- Carga del motor (%)
- Presión diferencial de aceite (psi)
- Restricción aire lado izquierdo (“H2O)
- Presión de cárter (“H2O)
- Presión gas de arranque (psi)
- Revoluciones del motor (RPM)
- Presión de succión (psi)
- Presión de descarga (psi)
- Horas de la unidad (HRS)
- Voltaje de las baterías (Volt)
- Presión de aceite del motor (psi)
- Temperatura del aceite (°F)
- Temperatura de cada cilindro del motor (°F)
- Temperatura del cada cilindro del compresor (°F)

5.10 PROCEDIMIENTO PRUEBA FUNCIONAL UNIDADES DE COMPRESIÓN

El procedimiento de prueba funcional establece los lineamientos a seguir para la puesta en servicio de las unidades de compresión, de acuerdo al manual realizado por el paquetizador.

El procedimiento de prueba funcional que se debe seguir en cada una de las unidades de compresión se describe a continuación:

- 1. Inspección visual del equipo:** Antes de iniciar cualquier acción de arranque o maniobra de mantenimiento en el equipo, se debe verificar alrededor del equipo cualquier anomalía evidente, como fugas de gas, aire, agua, líneas rotas, tornillos flojos, suministro de energía eléctrica servicios auxiliares, entre otros con el fin de corregirlos antes de poner en servicio el equipo.
- 2. Sistema de gas combustible:** Se debe verificar la presión de gas antes de abrir la válvula de corte que da paso al regulador. El gas combustible deberá ser limpio y seco con una presión máxima de operación de 120 Psig en el filtro (150 Psig en campo y 60 Psig maquina). El filtro de gas combustible debe tener la instrumentación necesaria, visor de nivel y su sistema de drenaje automático con sus respectivas válvulas para garantizar el drenaje ante la posible presencia de líquidos.
- 3. Verificación de niveles de agua y aceite:** antes de dar arranque al equipo es

importante verificar que el mismo se encuentre despresurizado para el posible arranque en vacío. Para esto, se debe verificar la posición de las válvulas de proceso. Las válvulas de succión y descarga deben estar completamente cerradas y la de by-pass y venteo a tea completamente abiertas.

- 4. Encendido:** En el banco de baterías se debe llevar el switch selector a la posición ON. A continuación se debe dirigir al Panel de Control y accionar el selector a la posición ON para energizar el sistema. Resetear cualquier presencia de fallas en el display tanto del Status Control Motor como del Panel del Compresor. Seleccionar START en el display del motor para dar inicio a la secuencia de pre lubricación.
- 5. Pre lubricación del motor compresor:** Esta secuencia está programada en el Status Control del Motor y en el Panel del Compresor. Generalmente se programa un tiempo de 180 segundos para garantizar una presión recomendada de aceite que lubrique todas las partes críticas de los equipos. .
- 6. Arranque del motor:** Una vez se cumple el ciclo de pre lubricación automática del equipo, se envía una señal eléctrica a la solenoide que comanda la válvula piloto del motor de arranque neumático, el cual permite engranar al volante del motor de combustión interna y girar el mismo. Una vez sean superadas la 250 rpm en el motor, el arranque neumático se desactiva y el motor a gas se enciende hasta alcanzar la velocidad deseada en vacío (700 rpm).
- 7. Posibles alarmas de la unidad de compresión:** En caso de presentarse algún evento fuera de los parámetros establecidos, el sistema electrónico del equipo saca de servicio la unidad accionando la válvula de corte de gas combustible (Shut-off) interrumpiendo por consiguiente el paso de gas combustible hacia el motor. Cada vez que la maquina se detenga por alguna falla, esta válvula automáticamente se cerrara, al igual que el corte de suministro de energía a las bobinas de ignición.
- 8. Reset de alarmas:** Se debe revisar cuidadosamente el Panel de Control antes de resetear las alarmas con el propósito de identificar las posible causas por las cuales se paró el equipo. Cuando se tenga identificada la falla y se tomen las medidas de corrección para evitar su posible aparición, se debe pulsar el botón reset, para borrar las fallas y garantizar el normal funcionamiento del equipo.
- 9. Marcha del equipo en vacío:** Una vez el equipo se encuentre rodando en vacío se debe verificar los parámetros de funcionamiento, tales como las revoluciones mínimas (700 rpm) temperatura de los cilindros motrices y turbos, temperatura y presión del aceite motor y compresor, temperatura del refrigerante motor. La finalidad de rodar el equipo en vacío por un tiempo máximo de 20 minutos,

es el de lograr que la temperatura del aceite motor alcance los 150 °F y los 130 °F el agua de las camisas aproximadamente, el cual es el valor recomendado por el fabricante antes de poner en carga el compresor.

Mientras la unidad se encuentre rodando en vacío, es necesario inspeccionar cualquier tipo de fuga de agua o aceite, nivel de líquidos, ruidos anormales y posible soportería o abrazaderas flojas.

5.11 PROCEDIMIENTOS A SEGUIR PRESIÓN EN LÍNEA DE SUCCIÓN Y LÍNEA DE DESCARGA.

5.11.1 Procedimiento por alta presión en la línea de succión.

1. Se cierra la válvula de succión de la línea de entrada a la Estación.
2. Se abre válvula de bypass general de la Estación en la línea de succión.
3. Se colocan las unidades en condición de parada.
4. Se comunica al centro de control el evento presentado.
5. Se informa por escrito las causas y los procedimientos realizados por alta presión en la línea de succión de la Estación.

5.11.2 Procedimiento por alta presión en la línea de descarga.

1. Se controlan revoluciones del motor de las unidades simultáneamente disminuyendo el flujo por hora y controlando la presión de descarga.
2. Se controla flujo de succión a las unidades a través de la válvula reguladora de flujo PCV.
3. Cuando la presión excede 1200 Psig (condiciones de diseño) se colocan las unidades en condición de parada.
4. Se comunica al centro de control.
5. Se informa por escrito las causas y los procedimientos realizados por alta presión en la línea de descarga de la Estación.

5.12 REGISTROS OPERATIVOS.

Los registros operativos son responsabilidad del Operador mecánico tales como

- Reporte diario de compresión (RDC).
- Reporte mensual de compresión (RMC).
- Toma de datos unidades compresoras
- Toma de temperaturas válvulas compresoras

Las rutinas operativas a realizar para establecer una metodología estandarizada y apropiada para efectuar los trabajos de operación y mantenimiento de unidades de compresión.

- Se recibe el programa de compresión de gas para el día siguiente por parte del CPC. Este documento es enviado por el CPC y recibido por el operador de la estación compresora.
- Revisar la bitácora de observaciones al inicio del turno para enterarse de las novedades acontecidas en el turno anterior y las condiciones de la estación.
- Firmar la bitácora de entrega de turno revisando que cada ítem se encuentre a satisfacción y que todas las variables operativas estén en línea en el sistema HMI, a su vez, dar la información detallada en el cambio de turno en cuanto a las Condiciones Operativas Actuales (Presión, temperatura, flujo), Rata de flujo de recibo y entrega al gasoducto, novedades en el estado de las válvulas y Datos operativos enviados al CPC.
- Si producto del análisis de las tendencias se detecta alguna condición o suceso que afecte o pueda afectar la operación del gasoducto, se debe notificar al Supervisor Estación, Operador CPC, Asesores Especialistas Operación Compresoras, coordinando las acciones requeridas internas para preservar las condiciones operativas de la estación o gasoducto.
- Entrega de turno al operador entrante y todas las novedades presentadas durante el turno.

6.0 HERRAMIENTA PARA DIAGNOSTICO Y SOLUCION DE FALLAS COMUNES

La herramienta para diagnóstico y solución de fallas comunes se desarrolla para dar la facilidad y agilidad al personal de operaciones para resolver fallas comunes de manera eficaz.

Esta será de gran apoyo para el personal de operaciones que este de paso o realice alguna actividad en la estación de Padua, ya que va a contar con el diagnóstico y solución a las fallas más comunes encontradas en la estación de Padua.

El programa es realizado en el programa Microsoft Excel.

Se realizó una recolección de datos de fallas comunes presentadas en la operación de la estación, mostrando de forma clasificada cada equipo, síntoma o falla presentada, las posibles causas y las acciones a realizar para la corrección de cada falla. Con toda la información recolectada se dejó una base de datos inicial.

La clasificación de los equipos se realizó de acuerdo a la prioridad de equipos de la estación, entre los cuales se tomaron unidades compresoras (Motor y compresor), compresor de aire, Generador eléctrico y estación.

Figura 39 Página base de datos Herramienta de diagnóstico y solución de fallas comunes. (Autor).

DIAGNOSTICO DE FALLAS BASICAS DE OPERACION ECG PADUA			
EQUIPO	SINTOMA	POSIBLE CAUSA	ACCION A REALIZAR
Compresor	Exceso de gas en venteo del Blow case	Packing de cilindros compresores en mal estado	Verifique la temperatura en las líneas de drenaje de los brazos del compresor. Identifique la línea que presenta temperatura elevada. Realice el aviso de mantenimiento para el cambio de packing.
Compresor	No hay lubricación en bloque	Aire en la línea de lubricación o en el bloque de distribución.	Realice purga del sistema de lubricación
Compresor	No hay lubricación en bloque	Falta nivel de aceite en recipiente	Complete nivel de aceite en recipiente. El nivel recomendado por el fabricante es de 3/4 del contenedor.
Compresor	No hay lubricación en bloque	Rotura del disco de ruptura	Cambie disco de ruptura. Realice purga del sistema de lubricación
Compresor	No hay lubricación en bloque	Fuga de aceite lubricante	Verifique las líneas de lubricación y las conexiones.
Compresor	No hay lubricación en bloque	Fuga de aceite lubricante	Dar apriete a las conexiones con fuga.
Compresor	No hay lubricación en bloque	Fuga de aceite lubricante	Cambie el tubing si se requiere.
Compresor	No hay lubricación en bloque	Batería descargada del proflo o digital noflow.	Desmonte el equipo y realice cambio de baterías. Reseteo el sistema y verifique el funcionamiento realizando bombeo manualmente.
Motor	Disminución de la velocidad (rpm) operando	Desajuste de Hardness de comunicación.	Realice inspección de los conectores de los Hardness de comunicación entre el gobernador y el ESM. De apriete si se encuentra suelto. Verifique el switch de posición de cambio de local a remoto. Verifique con el software ESP el estado de alarmas y seguir el paso a paso. Si continúa la falla realice el aviso de mantenimiento.
Motor	El motor gira pero no avanza	Baja presión de gas de arranque	Verifique la apertura de la válvula de gas de arranque a la entrada de la unidad compresora.

El programa realizado consta de dos páginas, una página de base de datos y la otra página de diagnóstico.

La página de diagnóstico cuenta con un buscador, en el cual se introduce el equipo o falla a buscar, el cual entrega una lista identificando los equipos, fallas, causas y acción a realizar.

Figura 40 Página base de datos Herramienta de diagnóstico y solución de fallas comunes. (Autor).

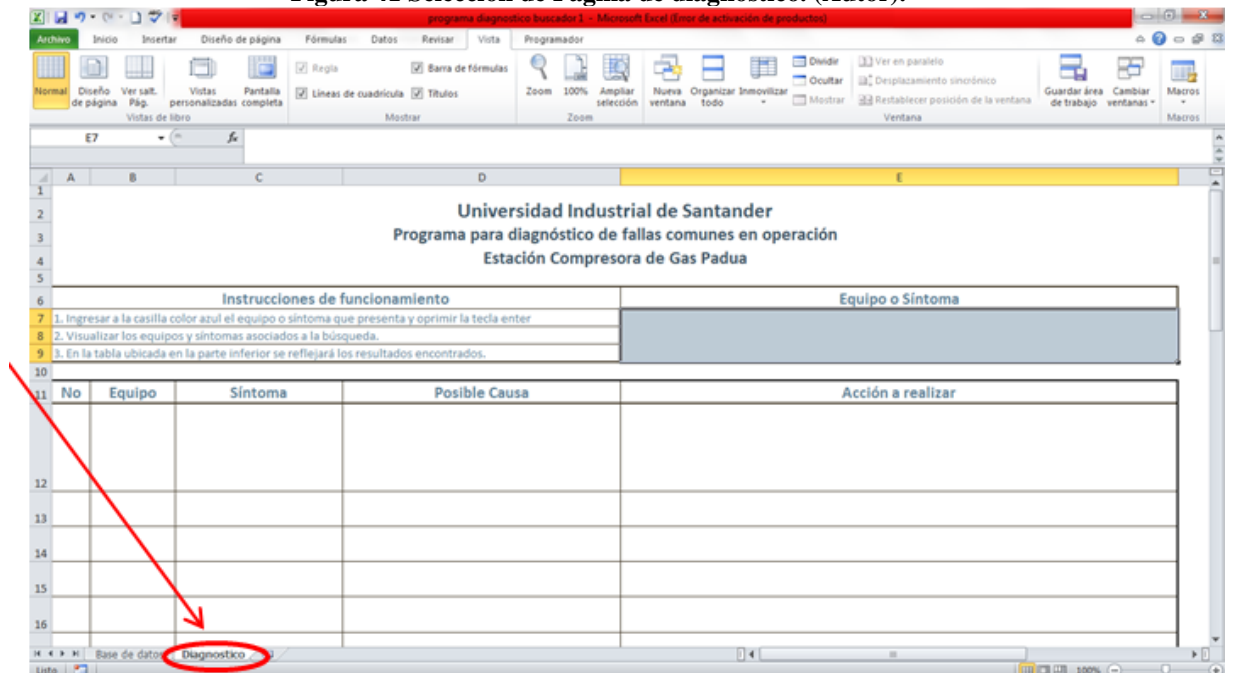
Universidad Industrial de Santander Programa para diagnóstico de fallas comunes en operación Estación Compresora de Gas Padua				
Instrucciones de funcionamiento				Equipo o Síntoma
1. Ingresar a la casilla color azul el equipo o síntoma que presenta y oprimir la tecla enter				
2. Visualizar los equipos y síntomas asociados a la búsqueda.				
3. En la tabla ubicada en la parte inferior se reflejará los resultados encontrados.				
No	Equipo	Síntoma	Posible Causa	Acción a realizar

6.1 TUTORIAL PRÁCTICO HERRAMIENTA DE DIAGNOSTICO.

6.1.1 Búsqueda de fallas/síntomas.

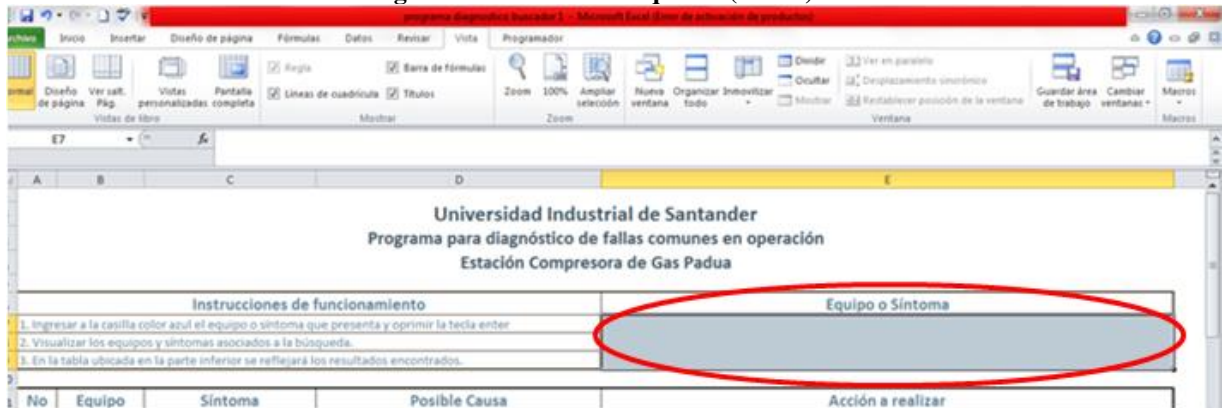
1. Abra el archivo programa diagnostico.xls.
De clic en la ventana diagnóstico si no se abre en esta ventana.

Figura 41 Selección de Página de diagnóstico. (Autor).



2. De clic en la casilla de color azul, en esta casilla se digitara la falla o equipo a buscar.

Figura 42 Casilla de búsqueda. (Autor).



3. Digite la falla o equipo a buscar. (Ejemplo: Equipo (Motor, compresor), Falla (lubricación, no arranca).

Figura 43 Búsqueda de la falla. (Autor)



4. Después de digitar, de clic en la tecla enter. Aparece a partir de la fila No12 los resultados de la falla o equipo buscados.

Figura 44 Resultados de la búsqueda. (Autor).

Universidad Industrial de Santander Programa para diagnóstico de fallas comunes en operación Estación Compresora de Gas Padua				
Instrucciones de funcionamiento			Equipo o Síntoma	
1. Ingresar a la casilla color azul el equipo o síntoma que presenta y oprimir la tecla enter			no arranca	
2. Visualizar los equipos y síntomas asociados a la búsqueda.				
3. En la tabla ubicada en la parte inferior se reflejará los resultados encontrados.				
No	Equipo	Síntoma	Posible Causa	Acción a realizar
1	Motor	El motor gira pero no arranca	Baja presión de gas de arranque	Verifique la apertura de la válvula de gas de arranque a la entrada de la unidad compresora. Verifique la presión.
2	Motor	El motor gira pero no arranca	Baja presión de gas de arranque	Verifique la alineación de las válvulas del tanque de gas de arranque. Verifique la presión.
3	Motor	El motor gira pero no arranca	Baja presión de gas de arranque	Verifique la alineación de las válvulas del sistema de gas de arranque. Verifique la presión.
4	Motor	El motor gira pero no arranca	Baja presión de gas de arranque	Revise la válvula de seguridad de la línea del sistema de gas de arranque no este disparada.
5	Motor	El motor gira pero no arranca	Baja presión de gas combustible	Verifique la apertura de la válvula de gas combustible a la entrada de la unidad compresora. Verifique la presión.

5. Al obtener los resultados ubique el equipo que muestra la falla, luego ubique la causa. Si la causa se repite, debe realizar cada acción correctiva, ya que es la misma causa pero tiene diferentes soluciones.

6.1.2 Incluir nuevas fallas en la base de datos.

1. Abra el archivo programa diagnostico.xls.
De clic en la ventana base de datos si no se abre en esta ventana.

Figura 45 Selección de Página de base de datos. (Autor).

DIAGNOSTICO DE FALLAS BASICAS DE OPERACION ECG PADUA				
1				
2	EQUIPO	SINTOMA	POSIBLE CAUSA	ACCION A REALIZAR
3	Compresor	Exceso de gas en venteo del Blow case	Packing de cilindros compresores en mal estado	Verifique la temperatura en las lineas de drenaje de los brazos del compresor. Identifique la linea que presenta temperatura elevada. Realice el aviso de mantenimiento para el cambio de packing.
4	Compresor	No hay lubricación en bloque	Aire en la linea de lubricación o en el bloque de distribución.	Realice purga del sistema de lubricación
5	Compresor	No hay lubricación en bloque	Falta nivel de aceite en recipiente	Complete nivel de aceite en recipiente. El nivel recomendado por el fabricante es de 3/4 del contenedor.
6	Compresor	No hay lubricación en bloque	Rotura del disco de ruptura	Cambie disco de ruptura. Realice purga del sistema de lubricación
7	Compresor	No hay lubricación en bloque	Fuga de aceite lubricante	Verifique las lineas de lubricación y las conexiones.
8	Compresor	No hay lubricación en bloque	Fuga de aceite lubricante	Dar apriete a las conexiones con fuga.
9	Compresor	No hay lubricación en bloque	Fuga de aceite lubricante	Cambie el tubing si se requiere.
10	Compresor	No hay lubricación en bloque	Bateria descargada del perfilo o digital noflow.	Desmonte el equipo y realice cambio de baterias. Resetee el sistema y verifique el funcionamiento realizando bombeo manualmente.
11	Motor	Disminución de la velocidad (rpm) operando	Desajuste de Hardness de comunicación.	Realice inspección de los conectores de los Hardness de comunicación entre el gobernador y el ESM. De apriete si se encuentra suelto. Verifique el switch de posición de cambio de local a remoto. Verifique con el software ESP el estado de alarmas y seguir el paso a paso. Si continua la falla realice el aviso de mantenimiento.
12	Motor	El motor gira pero no	Baja presión de gas de arranque	Verifique la apertura de la válvula de gas de arranque a la entrada de la unidad compresora.

2. Diríjase a la última casilla en la cual empiezan las celdas en blanco.

Figura 46 Búsqueda de celdas disponibles. (Autor).

B	C	D	E
60	Estación	Presión en gasoducto	Baja presión de succión de estación. Baje la velocidad de las unidades compresoras manteniendo una carga mínima de 55%. Saque de operación unidades compresoras, dejando un mínimo de dos en operación. Si sigue presente la condición, Informe al CPC para que mejoren las condiciones de operación. Informe al CPC para que mejoren las condiciones de operación. Comience a recircular la estación dando apertura ala válvula de control PV-200. Controle la apertura de la válvula de manera progresiva, teniendo 0% como cierre total y 100% como apertura total. La posición inicial de la válvula es 0%, dele apertura hasta tener una presión de succión aceptable. Solicite al CPC mejorar las condiciones de operación. Nota: Esta maniobra se debe realizar por un periodo de 30 minutos, para no afectar la integridad de la válvula. Si no mejora las condiciones de operación se debe salir de línea.
61	Estación	Presión en gasoducto	Baja presión de descarga de estación Baje la velocidad de las unidades compresoras manteniendo una carga mínima de 55%. Saque de operación unidades compresoras, dejando un mínimo de dos en operación. Controle la presión de succión, cierre la válvula FV-100 y regule con la válvula PV-100, teniendo 0% como cierre total y 100% como apertura total. Controle el cierre de la válvula de manera decreciente, teniendo 0% como cierre total y 100% como apertura total. La posición inicial de la válvula es 100%, empiece a cerrar hasta que mantenga una presión de descarga menor a 1200Psig. Si la presión de descarga continua subiendo, informe al CPC y saque de operación la estación. Nota: La maniobra de controlar la presión de succión se debe realizar teniendo un delta de presión (P. descarga -P. succión) superior a 100Psig, de lo contrario se debe salir de línea.
62			
63			
64			
65			
66			
67			
68			

3. Ingrese los datos correspondientes al equipo de la falla, el síntoma que presenta, posibles causas y la acción a realizar para la corrección de la misma.

Figura 47 Ingreso de datos de fallas nuevas a la base de datos. (Autor).

1	DIAGNOSTICO DE FALLAS BASICAS DE OPERACIÓN ECG PADUA			
2	EQUIPO	SINTOMA	POSIBLE CAUSA	ACCIÓN A REALIZAR
50	Estación	Presión en gasoducto	Baja presión de succión de estación.	Baje la velocidad de las unidades compresoras manteniendo una carga mínima de 55%. Saque de operación unidades compresoras, dejando un mínimo de dos en operación. Si sigue presente la condición, informe al CPC para que mejoren las condiciones de operación. Informe al CPC para que mejoren las condiciones de operación. Comience a recircular la estación dando apertura a la válvula de control PV-200. Controle la apertura de la válvula de manera progresiva, teniendo 0% como cierre total y 100% como apertura total. La posición inicial de la válvula es 0%, dele apertura hasta tener una presión de succión aceptable. Solicite al CPC mejorar las condiciones de operación. Nota: Esta maniobra se debe realizar por un periodo de 30 minutos, para no afectar la integridad de la válvula. Si no mejora las condiciones de operación se debe salir de línea.
61	Estación	Presión en gasoducto	Baja presión de descarga de estación	Baje la velocidad de las unidades compresoras manteniendo una carga mínima de 55%. Saque de operación unidades compresoras, dejando un mínimo de dos en operación. Controle la presión de succión, cierre la válvula FV-100 y regule con la válvula PV-100, teniendo 0% como cierre total y 100% como apertura total. Controle el cierre de la válvula de manera decreciente, teniendo 0% como cierre total y 100% como apertura total. La posición inicial de la válvula es 100%, empiece a cerrar hasta que mantenga una presión de descarga menor a 1200Psig. Si la presión de descarga continua subiendo, informe al CPC y saque de operación la estación. Nota: La maniobra de controlar la presión de succión se debe realizar teniendo un delta de presión (P. descarga - P. succión) superior a 100Psig, de lo contrario se debe salir de línea.
62	Motor	No arranca		
63				


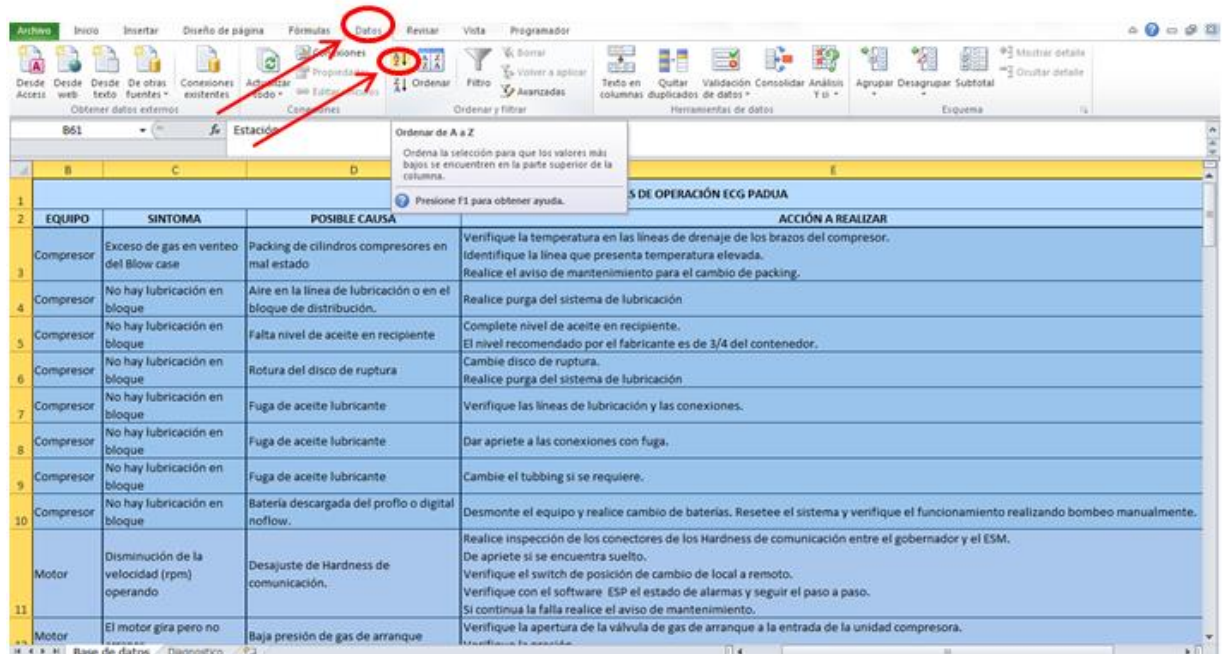
- Después de incluir los datos nuevos, seleccione a partir de la celda B2 hasta la última celda ingresada. Luego de clic en la pestaña datos, en la sección ordenar y filtrar seleccione el icono  ordenar de A a Z.

Figura 48 Ordenar la base de datos actualizada. (Autor).



1	DIAGNOSTICO DE FALLAS BASICAS DE OPERACIÓN ECG PADUA			
2	EQUIPO	SINTOMA	POSIBLE CAUSA	ACCIÓN A REALIZAR
3	Compresor	Exceso de gas en venteo del Blow case	Packing de cilindros compresores en mal estado	Verifique la temperatura en las líneas de drenaje de los brazos del compresor. Identifique la línea que presenta temperatura elevada. Realice el aviso de mantenimiento para el cambio de packing.
4	Compresor	No hay lubricación en bloque	Aire en la línea de lubricación o en el bloque de distribución.	Realice purga del sistema de lubricación
5	Compresor	No hay lubricación en bloque	Falta nivel de aceite en recipiente	Complete nivel de aceite en recipiente. El nivel recomendado por el fabricante es de 3/4 del contenedor.
6	Compresor	No hay lubricación en bloque	Rotura del disco de ruptura	Cambie disco de ruptura. Realice purga del sistema de lubricación
7	Compresor	No hay lubricación en bloque	Fuga de aceite lubricante	Verifique las líneas de lubricación y las conexiones.
8	Compresor	No hay lubricación en bloque	Fuga de aceite lubricante	Dar apriete a las conexiones con fuga.
9	Compresor	No hay lubricación en bloque	Fuga de aceite lubricante	Cambie el tubing si se requiere.
10	Compresor	No hay lubricación en bloque	Batería descargada del profo o digital noflow.	Desmonte el equipo y realice cambio de baterías. Reseteo el sistema y verifique el funcionamiento realizando bombeo manualmente.
11	Motor	Disminución de la velocidad (rpm) operando	Desajuste de Hardness de comunicación.	Realice inspección de los conectores de los Hardness de comunicación entre el gobernador y el ESM. De apriete si se encuentra suelto. Verifique el switch de posición de cambio de local a remoto. Verifique con el software ESP el estado de alarmas y seguir el paso a paso. Si continua la falla realice el aviso de mantenimiento.
12	Motor	El motor gira pero no	Baja presión de gas de arranque	Verifique la apertura de la válvula de gas de arranque a la entrada de la unidad compresora.

7.0 CONCLUSIONES

Se elaboró el manual de operación de la estación compresora de gas Padua y se desarrolló una herramienta en Excel para realizar el diagnóstico y solución de las fallas comunes, los cuales servirán para orientar al personal de operaciones de la estación compresora de gas Padua en los procedimientos de operación, diagnóstico y solución de fallas de la estación.

Se realizó una descripción técnica detallada de las unidades y equipos con los que cuenta la estación, con el propósito de conocer los procesos y procedimientos de operación de los mismos.

Se identificaron y se observaron los criterios de diseño bajo los que opera la estación compresora de gas Padua garantizando que esta cumple con los requerimientos de transporte que inciden sobre la misma.

Se realiza una descripción detallada de los procedimientos de operación de los equipos (arranque, operación y parada) de la estación compresora Padua, con el fin de estandarizarlos con el personal de operaciones de la estación.

Se desarrolló una herramienta para realizar el diagnóstico y solución de fallas comunes presentadas en la estación, con el propósito dar solución a dichas fallas de manera eficaz y ágil. Además se realiza la guía de funcionamiento y retroalimentación de la herramienta.

BIBLIOGRAFIA

TGI S.A ESP [En línea], <<http://www.tgi.com.co/index.php/es/nuestra-operacion/mapa-red-nacional-de-gasoductos/estaciones-de-compresion-de-gas?start=1>> [fecha de consulta 18 de octubre de 2014]

TGI S.A ESP [En línea], < <http://www.tgi.com.co/index.php/es/nuestra-operacion/mapa-red-nacional-de-gasoductos/estaciones-de-compresion-de-gas?start=2> [fecha de consulta 30 de julio de 2015]

Ariel Corporation. Compresores de cilindros opuestos equilibrados para trabajo pesado. Manual Técnico para los modelos: JGK y JGT. Rev10/98. P 1-2, P 4-1 y P 4-2.

Waukesha VHP, Series four, Operación y mantenimiento. Primera edición. P 1.15-11