

00568

3



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA DE DESFOGUE EN PLATAFORMAS DE COMPRESIÓN MARINAS, PARA EFICIENTIZAR LA OPERACIÓN.

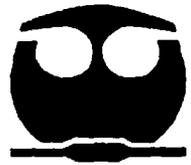
T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN INGENIERÍA QUÍMICA (PROYECTOS)

P R E S E N T A :

FRANCISCO JAVIER LIRA GONZÁLEZ

Asesor de Tesis: M. en C. Alejandro Anaya Durand



MÉXICO, D.F.

... a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.
NOMBRE: FRANCISCO JAVIER LIRA GONZALEZ

07 DE OCTUBRE DE 2003 2003

[Firma]
TESE CON FALLA DE ORIGEN

A



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

PAGINACION

DISCONTINUA

**TESIS
CON
FALLA DE
ORIGEN**

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se lleva a cabo con apoyo del Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), Competencia de Ingeniería de Sistemas Hidráulicos y fue realizado en las oficinas de la ZONA CENTRO ubicadas en Eje Central Norte No. 152, Colonia San Bartolo Atepehuacan, C.P. 07730, delegación Gustavo A. Madero, México, D.F.

Agradezco su asesoría y apertura al M. en C. Alejandro Anaya Durand.

Al jurado asignado para la revisión del trabajo:

Dr. Julio Landgrave Romero

Dr. Helio García del Río

M. en C. Alfonso Durán Preciado

M. en C. Ezequiel Millán Velasco

M. en C. Jorge Luis Aguilar González

Por su valioso tiempo, experiencia y los comentarios externados para mejorar el trabajo.

Mi agradecimiento al Instituto Mexicano del Petróleo por darme la oportunidad de continuar superándome académicamente, y contribuir día a día en mi formación y desarrollo profesional.

Al Ing. Luis Mateo Silva Martínez de la Competencia de Ingeniería de Sistemas de Procesamiento gracias por la oportunidad.....

Mi agradecimiento a los ingenieros de las diferentes especialidades de ingeniería que contribuyeron con la aportación de comentarios constructivos al trabajo desarrollado:

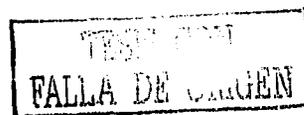
Ing. Salvador Gallegos Ramales especialidad de Sistemas Hidráulicos,

Ing. Alfonso Cano Álvarez especialidad de Ingeniería Mecánica,

Ing. Manuel Rosas Sánchez especialidad de Operación.

Muy especialmente, al Ing. Raúl Hernández Sánchez de la especialidad de Sistemas Hidráulicos de quien recibí su apoyo incondicional y que se desempeña como asesor interno del IMP, mi más sincero agradecimiento.

A mis compañeros y amigos de la especialidad de Ingeniería de Sistemas de Procesamiento (grupo de proyectos de explotación) gracias por su apoyo.



A mis profesores y compañeros de la Maestría en Ingeniería de Proyectos de la Facultad de Química (UNAM) gracias por sus enseñanzas, por su dedicación, por su valioso tiempo,pero sobre todo por su amistad.

Gracias a todas la personas que contribuyeron directa e indirectamente en la impresión del trabajo.

A Dios.....

Todas las palabras que escribiera no serian suficientes para expresarte mi gratitud,... Tu bien sabes lo que siento y llevo en mi corazón,mil graciaspor la oportunidad de culminar este ciclo de vida.

A mis padres:

Roberto Lira Romero y María González Ojeda por su afecto, comprensión e invaluable apoyo

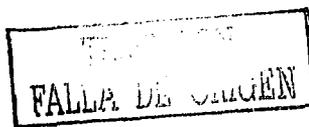
A mi familia:

Rosalva Rancel Corona, Fco. Javier y Alondra Lizette Lira Rangel gracias por todos los momentos agradables de la vida, y a quienes hoy y siempre dedico mi esfuerzo.

A mi hermana:

Rosa María Lira González por su apoyo en los momentos difíciles.

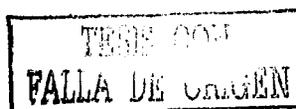
A todos y cada uno de mis familiares y amigos por sus buenos deseos....



C

ÍNDICE

<u>DESCRIPCIÓN</u>	<u>PÁGINA</u>
RESUMEN.	1
 CAPÍTULO I	
1.0 INTRODUCCIÓN.	3
1.1 ANTECEDENTES.	3
1.2 OBJETIVO.	5
1.3 HIPÓTESIS.	5
1.4 ALCANCES.	6
 CAPÍTULO II	
2.0 GENERALIDADES.	7
2.1 SISTEMAS DE COMPRESIÓN DE GAS.	7
2.1.1 TIPOS DE COMPRESORES.	7
2.1.2 SISTEMA INTEGRAL DE COMPRESIÓN DE GAS.	10
2.2 DISPOSITIVOS DE RELEVO DE PRESIÓN.	12
2.2.1 VÁLVULAS DE RELEVO DE PRESIÓN CONVENCIONALES.	13
2.2.2 VÁLVULAS DE RELEVO DE PRESIÓN BALANCEADAS.	15
2.2.3 VÁLVULAS DE RELEVO DE PRESIÓN OPERADAS POR PILOTO.	17
2.3 SISTEMAS DE RELEVO DE PRESIÓN.	19
2.4 NORMATIVIDAD APLICABLE.	21
2.5 LINEAMIENTOS BÁSICOS PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE DESFOGUE.	24
2.6 FILOSOFÍAS GENERALES DE DISEÑO DE SISTEMAS DE DESFOGUE.	26
 CAPÍTULO III	
3.0 DESCRIPCIÓN DE UN COMPLEJO DE EXPLOTACIÓN DE HIDROCARBUROS COSTA FUERA.	28
3.1 PLATAFORMA DE PERFORACIÓN.	28
3.2 PLATAFORMA DE ENLACE.	34
3.3 PLATAFORMA DE PRODUCCIÓN.	36
3.4 PLATAFORMA DE COMPRESIÓN.	44
3.5 PLATAFORMA DE PROCESO.	55
3.6 PLATAFORMA HABITACIONAL.	59



<u>DESCRIPCIÓN</u>	<u>PÁGINA</u>
CAPÍTULO IV	
4.0 ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS CENTRÍFUGOS DE COMPRESIÓN DE GAS.	60
4.1 TERMODINÁMICA DE COMPRESIÓN.	60
4.1.1 COMPRESIÓN ADIABÁTICA.	61
4.1.2 COMPRESIÓN ISOTÉRMICA.	61
4.1.3 COMPRESIÓN POLITRÓPICA.	61
4.2 COMPRESORES CENTRÍFUGOS.	62
4.3 CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO BÁSICO.	62
4.3.1 CARCASAS.	63
4.3.2 DIAFRAGMAS INTERETAPA Y ALABE GUÍA DE ENTRADA.	65
4.3.3 CONEXIONES EN LA CARCASA.	65
4.3.4 ELEMENTOS GIRATORIOS.	67
4.3.5 COJINETES Y CAJAS DE COJINETE.	67
4.3.6 SELLOS DE FLECHA.	69
4.4 SISTEMA DE ACEITE DE SELLOS Y ACEITE DE LUBRICACIÓN.	80
4.5 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE SELLOS DE GAS SECOS.	82
4.6 ACCIONADORES.	85
4.7 TUBERÍA Y ACCESORIOS.	86
4.8 CONTROL DE COMPRESORES CENTRIFUGOS.	86
4.9 PARO DE EMERGENCIA DE COMPRESORES CENTRIFUGOS.	87
CAPÍTULO V	
5.0 ANÁLISIS DEL SISTEMA DE DESFOGUE.	91
5.1 DETERMINACIÓN DE REQUERIMIENTOS DE RELEVO INDIVIDUAL.	91
5.2 VÁLVULAS DE RELEVO DE PRESIÓN, VÁLVULAS DE CONTROL DE PRESIÓN Y VÁLVULAS DE BLOW DOWN	93
5.2.1 CRITERIOS DE DISEÑO DE VÁLVULAS DE RELEVO DE PRESIÓN.	94
5.3 CABEZALES Y RAMALES DE DESFOGUE.	97
5.3.1 CRITERIOS DE DISEÑO DE CABEZALES Y RAMALES DE DESFOGUE	98
5.4 LÍNEAS DE VENTEO Y DEPRESURIZACIÓN.	100
5.5 TANQUE DE DESFOGUE Y TANQUE DE SELLOS.	101
5.5.1 CRITERIOS BÁSICOS DE DISEÑO DE TANQUE DE DESFOGUE.	102
5.6 QUEMADORES DE CAMPO.	103
5.6.1 CLASIFICACIÓN DE QUEMADORES ELEVADOS.	104
5.6.2 CRITERIOS DE DISEÑO DE QUEMADORES ELEVADOS.	105
5.6.3 QUEMADORES DE TIPO SÓNICO.	108
5.7 SELLOS DE GAS.	108

	<u>DESCRIPCIÓN</u>	<u>PÁGINA</u>
5.8	SISTEMA DE ENCENDIDO.	110
	5.8.1 PILOTOS.	110
	5.8.2 GENERADOR DE FRENTE DE FLAMA.	111
	5.8.3 SISTEMA DE ENCENDIDO ELECTRÓNICO.	111
5.9	GAS DE PURGA.	113
 CAPÍTULO VI 		
6.0	DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DE SISTEMAS DE DESFOGUE EN PLATAFORMAS DE COMPRESIÓN MARINAS.	114
6.1	CONCEPTOS GENERALES DE ISO 9000 Y CARACTERÍSTICAS RELEVANTES DE LA NORMA ISO 9001:2000	114
6.2	DOCUMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CALIDAD.	116
6.3	ASPECTOS A CONSIDERAR RELACIONADOS CON LAS FILOSOFÍAS DE OPERACIÓN NORMAL Y PARO DE EMERGENCIA	117
6.4	DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA DE DESFOGUE EN PLATAFORMAS DE COMPRESIÓN COSTA FUERA.	119
	6.4.1 REFERENCIAS.	120
	6.4.2 DEFINICIONES.	120
	6.4.3 DESARROLLO.	122
	6.4.4 FORMATOS.	128
 CAPÍTULO VII 		
7.0	DESARROLLO DEL PROBLEMA DE APLICACIÓN.	130
7.1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	130
7.2	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE DESFOGUE.	132
	7.2.1 COMPLEJO MARINO AKAL "C".	132
	7.2.2 PLATAFORMA DE COMPRESIÓN CA-AC-4.	136
7.3	RELACIÓN DE ACTIVIDADES A DESARROLLAR.	139
7.4	RELACIÓN DE DOCUMENTOS ENTREGABLES DE INGENIERÍA BÁSICA.	140
7.5	DESARROLLO Y DISEÑO DEL PROBLEMA DE APLICACIÓN.	141
	7.5.1 RESTRICCIONES, LIMITACIONES Y SUPUESTOS PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA DE DESFOGUE.	141
	7.5.2 CAPACIDAD MÁXIMA DE QUEMADORES DEL COMPLEJO AKAL "C".	142
	7.5.3 REVISIÓN DE LA CAPACIDAD DE VÁLVULAS DE CONTROL ASOCIADAS AL SISTEMA DE QUEMADORES DEL COMPLEJO AKAL "C".	144
	7.5.4 DETERMINACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE FLUJOS DE GAS A QUEMADORES DEL COMPLEJO AKAL "C".	145

<u>DESCRIPCIÓN</u>	<u>PÁGINA</u>
7.5.5 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD MÁXIMA DE RELEVO DEL CABEZAL GENERAL DE DESFOGUE DE 18" DE D.N. DEL COMPLEJO AKAL "C".	149
7.5.6 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE LOS TANQUES DE DESFOGUE DEL COMPLEJO AKAL "C".	152
7.6 REVISIÓN DEL DISEÑO DE LAS VÁLVULAS DE RELEVO DE PRESIÓN Y VÁLVULAS DE VENDEO DE LA PLATAFORMA DE COMPRESIÓN CA-AC-4.	155
7.7 RESUMEN DE LAS VÁLVULAS DE VENDEO ASOCIADAS AL PROCESO Y SERVICIOS AUXILIARES DE LA PLATAFORMA DE COMPRESIÓN CA-AC-4.	161
7.8 ANÁLISIS DE CARGAS AL SISTEMA DE DESFOGUE DE LA PLATAFORMA DE COMPRESIÓN CA-AC-4	161
7.9 SIMULADOR DE FLUJOS INSTANTÁNEOS Y ANÁLISIS DE PRESIÓN DINÁMICA EN LOS MÓDULOS DE COMPRESIÓN DE BAJA PRESIÓN DE LA PLATAFORMA DE COMPRESIÓN CA-AC-4.	165
7.10 SIMULADOR DE FLUJOS INSTANTÁNEOS Y ANÁLISIS DE PRESIÓN DINÁMICA EN LOS MÓDULOS DE COMPRESIÓN DE ALTA PRESIÓN DE LA PLATAFORMA DE COMPRESIÓN CA-AC-4.	165
7.11 SIMULADOR DE FLUJOS INSTANTÁNEOS Y ANÁLISIS DE PRESIÓN DINÁMICA EN LOS MÓDULOS DE COMPRESIÓN DE ALTA PRESIÓN DE LA PLATAFORMA DE COMPRESIÓN CA-AC-4 PARA REDUCIR FLUJOS DE VENDEO.	168
 CAPÍTULO VIII	
8.0 ANÁLISIS DE RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	174
8.1 CAPACIDAD MÁXIMA DE QUEMADORES DEL COMPLEJO AKAL "C".	176
8.2 CAPACIDAD DE VÁLVULAS DE CONTROL ASOCIADAS AL SISTEMA DE QUEMADORES DEL COMPLEJO AKAL "C".	177
8.3 DISTRIBUCIÓN DE FLUJOS DE GAS A QUEMADORES DEL COMPLEJO AKAL "C".	177
8.4 CAPACIDAD MÁXIMA DE RELEVO DEL CABEZAL GENERAL DE DESFOGUE DE 18" DE D.N. DEL COMPLEJO AKAL "C".	178
8.5 CAPACIDAD DE LOS TANQUES DE DESFOGUE DEL COMPLEJO AKAL "C".	178
8.6 VÁLVULAS DE RELEVO DE PRESIÓN DE LA PLATAFORMA DE COMPRESIÓN CA-AC-4.	179
8.7 VÁLVULAS DE VENDEO ASOCIADAS AL PROCESO Y SERVICIOS AUXILIARES DE LA PLATAFORMA DE COMPRESIÓN CA-AC-4.	180
8.8 ANÁLISIS DE CARGAS AL SISTEMA DE DESFOGUE DE LA PLATAFORMA DE COMPRESIÓN CA-AC-4	180
8.9 SIMULACIÓN DE FLUJOS INSTANTÁNEOS EN LOS MÓDULOS DE COMPRESIÓN DE BAJA PRESIÓN DE LA PLATAFORMA DE COMPRESIÓN CA-AC-4.	181
8.10 SIMULACIÓN DE FLUJOS INSTANTÁNEOS EN LOS MÓDULOS DE COMPRESIÓN DE ALTA PRESIÓN DE LA PLATAFORMA DE COMPRESIÓN CA-AC-4.	182

<u>DESCRIPCIÓN</u>	<u>PÁGINA</u>
8.11 SIMULACIÓN DE FLUJOS INSTANTÁNEOS EN LOS MÓDULOS DE COMPRESIÓN DE ALTA PRESIÓN DE LA PLATAFORMA DE COMPRESIÓN CA-AC-4 PARA OPTIMIZAR FLUJOS DE VENTEO.	182
8.12 VÁLVULAS INTERETAPA II/III (2"/2") Y VENTEO SIMULTÁNEO DE LOS MODULOS DE COMPRESIÓN DE ALTA Y BAJA PRESIÓN, CON RETRASO DEL BOP, EN CASO DE PARO DE EMERGENCIA.	185
8.13 VÁLVULAS INTERETAPA II/III (2"/2") Y VENTEO SECUENCIAL DE LOS MODULOS DE COMPRESIÓN DE ALTA PRESIÓN, CON RETRASO DEL BOP, EN CASO DE PARO DE EMERGENCIA.	185
8.14 DISEÑO DEL QUEMADOR ELEVADO NUEVO PARA LA PLATAFORMA DE COMPRESIÓN AKAL CA-AC-4.	187
8.15 DISEÑO DEL TANQUE DE DESFOGUE NUEVO PARA LA PLATAFORMA DE COMPRESIÓN AKAL CA-AC-4.	189
8.16 ANÁLISIS DE CONTRAPRESIONES Y VELOCIDADES EN CABEZALES Y LÍNEAS PRINCIPALES DE DESFOGUE PARA LA PLATAFORMA DE COMPRESIÓN AKAL CA-AC-4	189
8.17 PAQUETE DE INGENIERÍA BÁSICA OPTIMIZADO SISTEMA DE DESFOGUE Y QUEMADOR DE LA PLATAFORMA DE COMPRESIÓN AKAL CA-AC-4.	190
8.18 CONCLUSIONES FINALES DE LA INVESTIGACIÓN.	191
BIBLIOGRAFÍA.	194
GLOSARIO.	196
LISTA DE FIGURAS.	198
LISTA DE GRÁFICAS.	199
LISTA DE TABLAS.	199
ANEXO "A"	201
A. ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE SELLADO Y DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA DEPRESURIZACIÓN DEL COMPRESOR.	202
A.1 ANÁLISIS Y DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES PRINCIPALES QUE INTERVIENEN EN LA DEPRESURIZACIÓN DEL COMPRESOR CON SISTEMA DE SELLOS SECOS.	202
A.2 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE ACEITE DE SELLOS.	203
A.3 ANÁLISIS Y DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES PRINCIPALES QUE INTERVIENEN EN LA DEPRESURIZACIÓN DEL COMPRESOR CON SISTEMA DE SELLOS HUMEDOS.	208

<u>DESCRIPCIÓN</u>	<u>PÁGINA</u>
A.4 ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS SISTEMAS DE SELLOS DE LA UNIDAD DE COMPRESIÓN.	209
ANEXO "B"	212
B. BASES DE DISEÑO DEL PROBLEMA DE APLICACIÓN.	213
B.1 ANTECEDENTES.	213
B.1.1 FUNCIÓN DE LOS SISTEMAS DE DESFOGUE	213
B.1.2 TIPO DE PROCESO	213
B.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE DESFOGUE.	214
B.2.1 COMPLEJO MARINO AKAL "C".	214
B.2.2 PLATAFORMA DE COMPRESIÓN CA-AC-4.	214
B.3 PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS.	214
B.3.1 ESPECIFICACIÓN DE LAS CORRIENTES DE ALIMENTACIÓN A LA PLATAFORMA DE COMPRESIÓN CA-AC-4.	214
B.3.2 ESPECIFICACIÓN DE LOS PRODUCTOS DE LA PLATAFORMA DE COMPRESIÓN CA-AC-4.	215
B.4 CONDICIONES DE OPERACIÓN.	216
B.5 LOCALIZACIÓN DE PLATAFORMAS Y TRÍPODES DE QUEMADORES.	216
B.6 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS EQUIPOS PRINCIPALES, QUEMADORES ELEVADOS Y TANQUES DE DESFOGUE.	217
B.7 CONDICIONES CLIMÁTICAS.	217
B.8 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL EQUIPO DE COMPRESIÓN EN LA PLATAFORMA DE COMPRESIÓN CA-AC-4.	218
B.9 INFORMACIÓN DE REFERENCIA.	218
ANEXO "C"	220
PAQUETE DE INGENIERÍA BÁSICA.	
DIAGRAMA DE SIMBOLOGÍA	221
PLANO DE LOCALIZACIÓN GENERAL DE EQUIPO	222
DIAGRAMAS DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN	223
HOJAS DE DATOS DE EQUIPOS Y VÁLVULAS	225
INDICE DE SERVICIO	232
LISTA DE LÍNEAS	233

RESUMEN.

El trabajo titulado "Análisis y Diseño del Sistema de Desfogue en Plataformas de Compresión Marinas, para eficientizar la Operación", esta formado por ocho capítulos y tres anexos, entre los cuales los capítulos VI, VII y VIII, representan la parte fundamental del tema, porque se desarrolla y aplica un procedimiento de diseño de un sistema de desfogue en Plataformas de Compresión, basado en la determinación de flujos instantáneos de venteo, el cual cubre las principales fases del diseño de Ingeniería, así como la adecuación e implementación de la infraestructura adicional de quemado para eficientizar la operación en forma integral de la Plataforma de Compresión CA-AC-4 del Complejo Marino Akal "C".

En el capítulo I se hace referencia en principio, a la necesidad de incrementar la infraestructura de explotación, procesamiento, acondicionamiento y transporte de gas natural para cubrir la demanda actual y futura a nivel nacional, además se presenta el objetivo principal del trabajo relacionado con el desarrollo de un procedimiento técnico con base en la determinación de flujos de descarga, que permita analizar el sistema de sellos vinculado al sistema de paro de emergencia de los módulos de compresión de gas, diseñar el sistema de venteo, así como el sistema de desfogue y quemador de una plataforma de compresión.

El capítulo II presenta aspectos técnicos genéricos relacionados con los sistemas de compresión de gas y dispositivos de relevo de presión, además de establecer el marco normativo y alcance sobre el cual se diseñan y especifican sistemas de desfogue, aplicable a infraestructuras petroleras costa fuera como en tierra.

La descripción de cómo esta integrado y cual es la función de cada una de las Plataformas que integran un Complejo de Explotación y Producción de hidrocarburos Costa Fuera, con objeto de ubicar el contexto donde se desarrolla y vincula el proceso de compresión de gas, así como el análisis y diseño de sistemas de desfogue en los sistemas modulares de compresión de gas, se cubre en el capítulo III.

Continuando con el capítulo IV, donde se analizan en forma particular los compresores del tipo centrífugo, sus componentes, características del diseño básico, tipos de sellos de flecha y función de acuerdo al API estándar 617. En este mismo capítulo, complementado con el Anexo "A", se revisa de acuerdo al API estándar 614, y se determina desde el punto de vista diseño y normatividad los sistemas de sellos de gas secos y sistema de aceite de sellos (sellos húmedos), vinculados a la depresurización de un compresor centrífugo, concluyendo que los costos de operación y mantenimiento son más bajos, para los sellos de gas secos, además de la alta seguridad en la operación y larga vida de servicio.

Otros aspectos relevantes, que se deben tomar en consideración en el caso de instalaciones costa fuera, son el área requerida para la instalación de los componentes y equipos del sistema soporte de los sellos y el peso en operación de

los equipos, los que sin duda siguen favoreciendo a los sellos de gas secos por ser mínimos. En consecuencia, los sellos de gas secos serán la tecnología seleccionada para la mayoría de los nuevos compresores centrífugos.

Los lineamientos y criterios básicos de diseño de los principales componentes de un sistema de desfogue para fluidos compresibles, válvulas de relevo de presión, cabezales y ramales de desfogue, tanque de desfogue, quemadores elevados de baja presión, pilotos y sistemas de encendido se tratan en el capítulo V.

En el capítulo VI, se desarrolla un procedimiento ingenieril basado en flujos instantáneos de descarga, para análisis y diseño de sistemas de desfogue en Plataformas de Compresión Costa Fuera de acuerdo a la norma ISO 9001 versión 2000, con la finalidad de emplearse como herramienta de diseño en Ingeniería Básica y pueda ser incluido con los ajustes mínimos pertinentes, en el contexto de la Documentación del Sistema de Calidad de una empresa o institución que proporcione servicios de desarrollo de Ingeniería Básica.

Posteriormente, el capítulo VII plantea la problemática que da origen a analizar los sistemas de desfogue del Complejo Marino Akal "C" en forma integral, y a diseñar un sistema de quemado completamente independiente para la Plataforma de Compresión Akal CA-AC-4, con objeto de eficientizar la operación del desfogue integral y en particular para la Plataforma de Compresión referida.

Además se analiza con detalle los conceptos de diseño del venteo de gas de los módulos de compresión durante el evento de un venteo programado en caso de un paro de emergencia, con la finalidad de reducir al mínimo los flujos máximos instantáneos de gas al cabezal de desfogue y quemador elevado nuevo de la Plataforma de Compresión CA-AC-4.

La metodología de cálculo utilizada y los resultados del análisis del sistema de compresión de alta presión con tres etapas, condujeron a que la inclusión de válvulas interetapa y reducción de flujos instantáneos de descarga a través de la simulación de presión dinámica, vinculado al venteo programado y secuencial en los módulos de compresión de alta presión en caso de paro de emergencia, disminuyeron hasta un orden de 2.26 veces (de 688.5 a 305.3 MMPCSD) el flujo máximo instantáneo de gas de venteo y 39% el flujo total de gas a quemador (de 980.5 a 597.3 MMPCSD), concluyendo que se logra optimizar la capacidad de diseño del sistema de desfogue de la Plataforma de Compresión, obteniéndose beneficios directos, menores dimensiones del tanque de desfogue y quemador elevado, así como disminución de los costos de adquisición y operación de los equipos.

Finalmente, en el capítulo VIII se presentan en forma particular las conclusiones y recomendaciones del desarrollo del trabajo y problema de aplicación, considerando (a) aprovechamiento en forma integral de la infraestructura existente para quemado de gas en el Complejo Marino Akal C, y (b) optimización de la Ingeniería Básica del sistema de desfogue y quemador de la Plataforma de Compresión Akal CA-AC-4, la cual se incluye en el Anexo "C".

CAPITULO I

1.0 INTRODUCCIÓN.

El presente trabajo relacionado con el análisis y diseño del sistema de desfogue en plataformas de compresión marinas, para incrementar la eficiencia de operación, está estructurado en ocho capítulos, entre los cuales los capítulos VI, VII y VIII, representan la columna vertebral del tema, porque cubren un procedimiento desarrollado de diseño, incluyendo las principales fases del diseño y cálculo de Ingeniería Básica, las cuales son análisis y revisión de un sistema de desfogue en plataformas de compresión, así como la adecuación e implementación de la infraestructura adicional de quemado basada en la determinación de flujos de venteo instantáneos, para eficientizar la operación en forma integral de la Plataforma de Compresión CA-AC-4 del Complejo Marino Akal "C".

1.1 ANTECEDENTES.

Con el propósito fundamental de incorporar reservas adicionales de hidrocarburos, aprovechar íntegramente el gas natural, incrementar la producción de aceite y gas, así como hacer más confiables y eficientes las operaciones de explotación y producción, PETRÓLEOS MEXICANOS (PEMEX) lleva a cabo el proyecto "CANTARELL", el cual implementará mayor infraestructura en los Complejos de Producción Marinos de la Sonda de Campeche, adicionando más plataformas de perforación, producción, enlace, compresión y habitacional.

Cantarell es el yacimiento petrolero más grande de México y el sexto en importancia mundial. Al primero de enero de 2000 las reservas probadas y probables se estimaron en 13 mil 235 millones 800 mil barriles de crudo equivalente.

Entre algunas de las obras principales en el Golfo de México se encuentran la adición de dos plataformas de compresión, una de proceso y una habitacional, al complejo marino Akal-C. Una de las plataformas de compresión temporal CA-AC-4, incrementará la presión de manejo de gas, también se instalará la plataforma de compresión permanente CA-AC-2 y una más de proceso CA-AC-3 será para acondicionamiento, deshidratación y endulzamiento de gas para su posterior envío al anillo de bombeo neumático y a tierra en la Estación Atasta.

La plataforma de compresión temporal de gas de CA-AC-4, fue diseñada para operar con dos módulos de compresión de baja presión, con capacidad individual de 110 MMPCSD y cuatro módulos de compresión de alta presión, con capacidad de 73 MMPCSD cada uno.

El diseño de la plataforma no contemplaba la instalación de un quemador de gas, el gas de desfogue se envía directamente al quemador 7 de la Plataforma de Compresión existente CA-AC-1. La Plataforma de Compresión CA-AC-4 se construyó con un sistema de paro por emergencia de un solo nivel, el cual permitía desfogar simultáneamente el gas de los módulos de compresión de baja, alta presión y las corrientes de gas de los servicios auxiliares de la plataforma de compresión (BOP).

Durante la etapa de prueba de los equipos en la plataforma, se identificó que cuando se tuviera un paro total de la Plataforma de CA-AC-4, el flujo máximo instantáneo de gas al quemador sería de 980 MMPCSD aproximadamente. Sin embargo, el diseño del cabezal de desfogue de 36" de diámetro, tanque de desfogue de CA-AC-4 y CA-AC-1, así como el quemador elevado de CA-AC-1, no tienen la capacidad para manejar los 980 MMPCS de gas; además de que el cabezal de desfogue de CA-AC-4/CA-AC-1 y quemador 7 de CA-AC-1, rebasan las velocidades permisibles que recomienda el API-RP-521.

Bajo esta situación se hace necesario reducir el flujo máximo instantáneo de venteo enviado a quemador, a través de cuatro conceptos técnicos:

- Modificación del sistema de paro por emergencia de los equipos de compresión en dos niveles, el primero venteará los módulos de alta presión en forma secuencial y los de baja presión simultáneamente; y el segundo venteará las corrientes de gas de los servicios auxiliares.
- Modificar el diseño original de los compresores suministrados por la compañía "SOLAR", adicionando una válvula de venteo ("blowdown") de 2" de diámetro en la segunda etapa de compresión y modificar el tamaño de la válvula de venteo de 3" por 2" en la tercera etapa de compresión de los módulos de alta presión.
- Modificar el diámetro de tubería de 3" por 6" en los módulos de baja presión y en los compresores de alta presión, a la salida de las válvulas de venteo de los compresores, para abatir la velocidad del gas venteado y los niveles de contrapresión en las líneas de desfogue.
- Durante el paro de emergencia de la Plataforma de Compresión CA-AC-4 distribuir el gas de succión de baja y alta presión de los compresores hacia los quemadores del complejo, para evitar rebasar la capacidad máxima del quemador 7 de CA-AC-1.

Actualmente, el director de la subsidiaria PEMEX GAS Y PETROQUÍMICA BÁSICA, anunció que la estrategia a corto y mediano plazo consiste en incrementar el número de competidores en el mercado de gas natural, y que también se incrementarán las unidades de compresión para elevar la producción de gas de 5 mil a 8 mil millones de pies cúbicos diarios en los próximos seis años.

Por otra parte, Petróleos Mexicanos emitió un bono en los mercados internacionales por mil millones de dólares a través del Pemex Project Funding Master Trust, a un plazo de siete años, recursos que se destinarán al financiamiento de infraestructura productiva de largo plazo en la cuenca de gas seco de Burgos y en los yacimientos de crudo pesado y ligero de Cantarell y Delta del Grijalva.

Por consiguiente, es importante contar en breve con los lineamientos, metodologías y/o procedimientos técnicos, filosofías de operación, estandarización de diseños e ingeniería propia para optimizar los sistemas de desfogue y venteo, aplicables en la etapa de desarrollo de ingeniería al diseño de las estaciones y/o módulos de compresión tanto en tierra como en plataformas marinas.

1.2 OBJETIVO.

Definir en forma integral una metodología y/o procedimiento técnico que permita analizar el sistema de sellos vinculado al paro de emergencia y diseñar el sistema de venteo en los módulos de compresión de gas, así como el sistema de desfogue y quemador de una plataforma de compresión.

- ❖ Analizar y diseñar un sistema de desfogue en plataformas de compresión marinas con la finalidad de mejorar la operación de los equipos involucrados en el relevo de gas.
- ❖ Identificar los aspectos técnicos-económicos principales en los sistemas de compresión con sellos secos y sellos húmedos, para optimizar el diseño del sistema de venteo ("blowdown") en plataformas de compresión marinas.
- ❖ Desarrollar un programa de simulación para la determinación de flujos instantáneos enviados al sistema de desfogue a través de válvulas de venteo o "blowdown" en los sistemas de compresión, realizando la depresurización de los módulos en un tiempo adecuado que evite el daño mecánico en el equipo o contaminación del sello líquido.
- ❖ Definir una técnica y/o metodología asociada al sistema de paro de emergencia del equipo de compresión con la finalidad de optimizar en infraestructura y costos de un sistema de relevo de presión en un complejo y en plataformas de compresión marinas.

1.3 HIPOTESIS.

Si se dispone de una metodología de cálculo del sistema de desfogue basada en flujos instantáneos de descarga y en un venteo programado y secuencial de los equipos de compresión en caso de paro de emergencia, el sistema diseñado tenderá a ser el óptimo tanto en capacidad, eficiencia y costos.

1.4 ALCANCES.

Los alcances específicos planteados para el desarrollo del presente trabajo son los descritos a continuación:

A).- Identificación de un programa o software de carácter comercial y actual para la simulación y diseño de sistemas de relevo de presión en plantas de proceso, relacionado con válvulas de relevo de presión, cabezales y ramales de desfogue.

B).- Desarrollo de un programa de cálculo o software en hoja electrónica para la determinación de los flujos instantáneos óptimos, durante la depresurización de los módulos de compresión, enviados al sistema de desfogue y quemador, a través de válvulas de venteo o "blowdown" instaladas en las descargas de los compresores centrífugos.

C).- Identificar los métodos de cálculo aplicables al dimensionamiento y especificación de los componentes de un sistema de desfogue (válvulas de relevo de presión, válvulas de control de presión, tanque de desfogue, bombas de condensados, tanque de sello, quemador elevado, cabezales, etc.), los cuales arrojen dimensiones aceptables, con el objeto de abatir costos de adquisición y operación de los equipos.

D).- Análisis e identificación de los factores de diseño principales de un sistema de compresión con sellos secos y un sistema de compresión con sellos húmedos, los cuales contribuyen en forma determinante al diseño y optimización de un sistema de "blowdown" y relevo de presión (desfogue) en plataformas de compresión marinas.

E).- Identificar y definir una filosofía básica para el sistema de paro normal y de emergencia en los módulos de compresión de gas, con la finalidad de optimizar en infraestructura y reducir costos de adquisición y operación de un sistema de desfogue costa fuera.

F).- Elaborar y desarrollar un procedimiento de ingeniería con carácter de estándar de acuerdo a la norma ISO-9001:2000, para el diseño eficaz de sistemas de desfogue en plantas de compresión, aplicable tanto a plataformas marinas como a estaciones de compresión en tierra, con el propósito de implementarlo al manual de calidad de una Institución (Sistema Integral de Calidad SIC) y al proceso de documentar la Ingeniería Básica desarrollada.

CAPITULO II

2.0 GENERALIDADES.

En este capítulo se incluyen los aspectos técnicos genéricos relacionados directamente con el tema principal del trabajo a desarrollar, entre los cuales están los sistemas de compresión de gas, los dispositivos de relevo de presión asociados a una unidad típica de compresión de gas y su sistema de relevo de presión, así como la normatividad y lineamientos básicos para el diseño del sistema de relevo.

2.1 SISTEMAS DE COMPRESIÓN DE GAS.

Un sistema de compresión de gas no es simplemente un equipo de compresión y su accionador mecánico sino que involucra una serie de equipos, componentes de tubería, accesorios e instrumentación, donde se llevan a cabo en forma integrada varias operaciones unitarias, entre las cuales se encuentran separación gas-líquido, compresión y enfriamiento, sin embargo el compresor es el corazón por así llamarlo del sistema.

2.1.1 TIPOS DE COMPRESORES.

El transporte de vapores y gases es un elemento principal en los costos de operación de plantas de proceso. La optimización de esta operación unitaria puede sustancialmente bajar los costos de operación totales de la planta.

Entre las tres categorías principales de equipos de transporte de gas se encuentran: los sopladores rotatorios, compresores reciprocantes y compresores centrífugos.

Los compresores incrementan la presión del gas por confinamiento o por conversión de energía cinética en energía de presión. Los sistemas de control de capacidad para los principales tipos de compresores se indican en la tabla 2.1.1.

Como se observa en la tabla para los compresores dinámicos se tiene una mayor diversidad de control de capacidad, ya sea por estrangulación a la succión o descarga, o simplemente por el control de la velocidad del accionador.

En el caso de los compresores centrífugos para manejar y transportar grandes flujos de gas en las instalaciones costa fuera es común encontrar accionadores de tipo turbinas de gas.

Para los compresores de desplazamiento positivo de bajas con bajas capacidades de flujo, se tienen menores opciones de control, siendo la más común el control de velocidad del accionador, el cual en la mayoría de los casos corresponde a un accionador eléctrico.

TABLA 2.1.1 SISTEMAS DE CONTROL DE CAPACIDAD DE COMPRESORES ².

TIPO DE COMPRESOR	SISTEMA DE CONTROL DE CAPACIDAD
Centrífugo radial y compresor axial	Estrangulación de succión Estrangulación de descarga Álabes guía de entrada variables (solo aplica a centrífugo radial) Control de velocidad
Rotatorio	Desvío Control de velocidad
Reciprocante	Control on-off Descargando a velocidad constante Control de velocidad Control de velocidad y descarga

El sistema de control usado esta determinado principalmente por requerimientos del proceso, el tipo de accionador y el costo.

Los rangos de operación de varios diseños de compresor en términos generales son los siguientes:

Para bajas capacidades de flujo, alrededor de 3,000 pies cúbicos por minuto actuales (ACFM) o menos y para servicio de alta presión, generalmente se seleccionan los compresores reciprocantes. Las desventajas principales de estas máquinas reciprocantes son alto mantenimiento, rango de capacidad limitada, y la introducción de vibración hacia el sistema.

Los compresores rotatorios tienen aplicación sobre un amplio rango de flujos y muy bajas presiones de descarga. Estos generalmente son más convenientes para relación de compresión variable y amplios rangos de capacidad, su aplicación más frecuente es la compresión de gases sucios o corrosivos donde materiales especiales de construcción se necesitan.

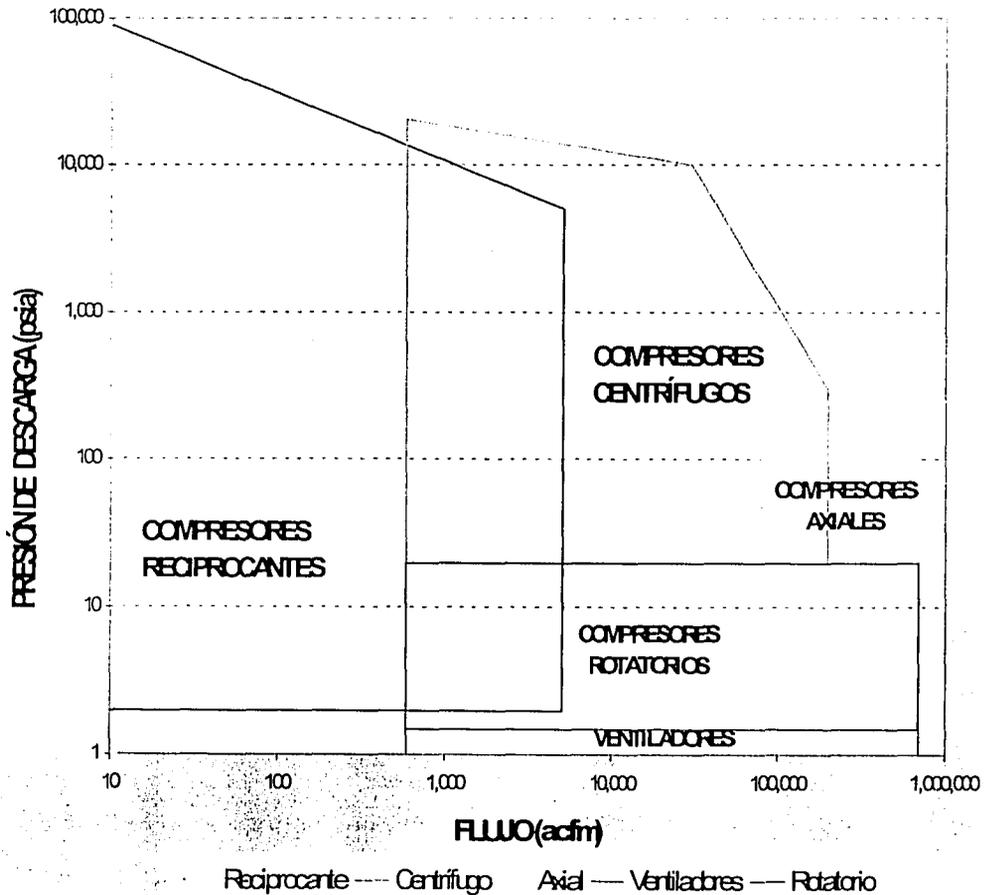
Para altas capacidades de flujo y presiones medias, se prefieren los compresores centrífugos. El rango de capacidad de flujo, expresado en pies cúbicos por minuto, es de 500 a 200,000, estos equipos tienen una mayor aplicación en flujo variable y presión casi constante. Los compresores para servicio en el campo encuentran condiciones de operación y composición de gases que varían considerablemente ⁴.

Los compresores axiales completan el espectro con un rango de entrada desde 75,000 a 600,000 ACFM, generalmente tienen presiones de descarga más bajas que los compresores centrífugos o reciprocantes y para aplicaciones de flujo constante son más convenientes.

En la figura 2.1.1 se muestran los rangos de flujo para aplicación de varios tipos de compresores.

En este trabajo el análisis se desarrollara principalmente sobre las unidades de compresión tipo centrífugo.

Figura 2.1.1 Rangos de Operación para diferentes Compresores y Ventiladores.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.1.2 SISTEMA INTEGRAL DE COMPRESIÓN DE GAS.

Los sistemas de control son una interfase entre el proceso y el equipo físico, y cada proceso esta formado de subprocesos u operaciones unitarias como es llamado en la terminología de ingeniería química.

Los sistemas de control deben proveer control a la operación unitaria e integrar todo el sistema de control de la operación unitaria hacia un sistema de control de proceso global. Esto es particularmente crítico en el diseño del sistema de control de compresores centrífugos, debido al fenómeno de "surge"³.

Un compresor se usa para enviar gas hacia un proceso, sección de un proceso o para transporte de gas natural en gasoductos costa fuera o en tierra.

En el caso de las unidades de compresión tipo centrífugo accionadas con turbina de gas utilizadas en la industria petrolera como equipo paquete, por lo general se encuentran interrelacionadas con los siguientes componentes y equipos, formando un sistema integral de compresión; compresor centrífugo, línea de recirculación (descarga a succión), válvula de recirculación, línea de alimentación de gas, línea de descarga de gas, separador de succión, enfriador de gas en la descarga, tubería de interconexión, separador de gas de descarga, válvulas check, corte y venteo ("blow down"), válvulas de relevo de presión, así como líneas de venteo y depresurización y sistemas auxiliares de servicio.

Línea y válvula de recirculación, descarga a succión: el "surge" ocurre cuando el flujo total a través del compresor cae por debajo de cierto valor mínimo. Una tubería de gas de recirculación desde la descarga del compresor al lado de succión, puede asegurar que el flujo de gas adecuado este siendo comprimido a través del compresor. Abriendo una válvula en la línea de recirculación permite operar en la zona segura de flujo del compresor.

El proceso de compresión del gas implica un aumento de la temperatura del gas, si este incremento de temperatura no se controla, será necesario utilizar materiales especiales, incrementando el costo del equipo, por lo tanto es necesario instalar un enfriador para controlar la temperatura.

En la mayoría de los diseños mecánicos es aplicable limitar la temperatura de descarga del compresor a 232 °C (450 °F).

Enfriador de gas: aunque puede haber algo de enfriamiento del gas de alta presión como consecuencia de la caída de presión a través de la válvula de control de recirculación, el gas tendrá una temperatura más alta que el gas fresco alimentado al compresor. Si este calor no es removido del gas recirculado, la temperatura de succión del gas incrementará, y cuando el calor de compresión es añadido a esta alta temperatura de succión, la presión de descarga será igual o mayor, afectando la eficiencia en el funcionamiento del compresor y la temperatura creará serios

problemas de operación en el sistema de compresión. Por lo cual, es conveniente localizar un enfriador corriente abajo de la válvula de control o corriente arriba, aunque la decisión final de donde localizar el intercambiador de calor será del diseño del proceso y factores económicos.

Separador de succión: el gas recirculado generalmente es mezclado con el gas fresco en el separador de succión, el propósito de este equipo es proveer un espacio para remover los líquidos del gas fresco o condensados los cuales pueden producirse en el gas recirculado.

Válvula check; con objeto de permitir que haya flujo en la línea de recirculación para recircular hacia la succión del compresor en el evento de alguna falla, lo recomendable es asegurar que la válvula check este localizada corriente abajo del punto de derivación de la línea de recirculación. De esta manera, la acción de un controlador anti-surge abrirá la válvula de recirculación y liberará la energía atrapada por la recirculación a la succión del compresor.

Observación²: en máquinas muy grandes, sin embargo, donde el volumen de gas de alta presión y así el nivel de energía, el cual puede estar atrapado dentro de la válvula check es grande, los diseñadores protegerán contra la doble falla de la válvula de recirculación poniendo un intercambiador separado para el circuito de recirculación. De esta forma, se reduce el volumen de gas entrampado que será venteado en caso de un paro de la unidad de compresión.

La ubicación de la válvula check en el diseño básico, es un factor importante a considerar para el estimado y análisis del volumen a ventear y determinación del flujo de gas instantáneo para el caso de venteo de un tren o módulo de compresión.

Interenfriadores: en un compresor multietapa es necesario enfriar el gas entre cada etapa, el trabajo hecho sobre el gas en el proceso de compresión causa que la temperatura del gas incremente. Arriba de ciertas temperaturas, la compresión es impráctica sin enfriamiento.

Aunque el enfriamiento interetapa es posible, como una regla el gas caliente es retirado de una etapa, enfriado a través del interenfriador y entonces alimentado hacia la siguiente etapa. Si hay alguna posibilidad de formación de condensado, cuando los gases a alta presión son enfriados, entonces el separador de succión será instalado.

Separador de descarga: cuando se tiene un enfriador después de la compresión o en el caso de compresores multietapa, se requiere instalar un separador para acumular y retener las partículas de líquido formado por el enfriamiento del gas a alta presión a través del enfriador o interenfriador de gas en la compresión por etapas.

Línea de alimentación y válvula de corte: es la línea de succión del módulo de compresión de 16" o 20" de diámetro nominal (D.N.) para la entrada de gas al separador de succión, la cual cuenta con instrumentación asociada y una válvula de

corte automatizada tipo bola de funcionamiento on-off, para bloquear el suministro de gas al módulo de compresión y aislarlo en caso de paro.

Línea de descarga y válvula de corte: es la línea de descarga del módulo de compresión de 10" o 12" de D.N., para la salida de gas de alta presión del separador de descarga, la cual cuenta con instrumentación asociada y una válvula de corte automatizada tipo bola de funcionamiento on-off, para bloquear la salida de gas del módulo de compresión y aislarlo en caso de paro.

Válvulas de seguridad: dispositivos de relevo de presión que actúan en forma automática en caso de una operación anormal o emergencia, la cual puede ser sobrepresión por descarga bloqueada o fuego. Estos se localizan normalmente a la entrada y salida del módulo de compresión, corriente arriba del separador de succión y corriente abajo del separador de descarga en el caso de compresores multietapas o solo en la descarga del compresor corriente abajo del separador de descarga para módulos de compresión con una etapa.

Líneas y válvulas de venteo ("blow down"): las líneas de venteo está ubicadas en algunos casos sobre la succión y en la mayoría de las veces en la descarga principal del módulo de compresión, éstas cuenta con una válvula de venteo automatizada tipo bola de funcionamiento on-off de 2" o 3" de D.N., para el venteo de gas del lado de baja y alta presión hacia un sistema cerrado en caso de paro de emergencia y despresurización del módulo.

Tubería de interconexión: es la que interconecta cada uno de los equipos que integran el sistema de compresión, como son; la interconexión entre equipos de proceso principal, entradas y salidas de válvulas de seguridad, tubería de salida de condensados de los separadores, cabezal general de succión, cabezal general de descarga, líneas igualadoras de presión, cabezales de recolección de condensados, cabezales de venteo y desfogue, tubería de drenaje cerrado de los equipos, purgas de instrumentos, etc.

Entre los sistemas auxiliares de servicio más importantes se encuentra, el sistema de gas combustible, el sistema de vibración, sistema de aceite de lubricación y sistema de sellos del equipo de compresión, estos sistemas son críticos, por que a falla de alguno de ellos, puede significar un paro del equipo y del proceso completo, debido a que están directamente ligados al sistema de control del equipo y a la filosofía del sistema de paro de emergencia. Con relación a estos aspectos más adelante en el Capítulo IV se analizarán con mayor detalle.

2.2 DISPOSITIVOS DE RELEVO DE PRESIÓN.

La seguridad en una planta de proceso es esencial y ésta se considera desde la etapa de diseño de la planta, durante la construcción y hasta la puesta en marcha y operación de la misma.

La seguridad se brinda por diversas formas, pero aún así pueden darse casos en que se crean riesgos por el proceso o por una falla inadvertida durante la operación de los equipos. Uno de los riesgos mayores que puede generarse en el proceso, es el aumento excesivo de presión o sobrepresión que puede ocasionar la fractura del equipo o tubería y el consecuente daño al personal, a las instalaciones y al medio ambiente.

La sobrepresión en los equipos y tubería se puede tener por distintas causas, en los sistemas de compresión de gas puede ser por una falla operativa (descarga bloqueada), una falla del circuito de control del equipo, falla en el control de una variable de proceso o por fuego externo, por mencionar solo algunos eventos. Y puede disminuirse por varios medios, por ejemplo, por un control de presión automático, un venteo normal o venteo de emergencia, en el cual se utilizan los dispositivos de relevo de presión, como una pequeña parte de un sistema más grande y complejo denominado sistema de relevo de presión.

Los dispositivos de relevo de presión incluyen principalmente válvulas de relevo de presión de resorte, válvulas operadas por piloto, dispositivos de disco de ruptura y otros dispositivos de relevo de presión ¹.

2.2.1 VÁLVULAS DE RELEVO DE PRESIÓN CONVENCIONALES.

Son válvulas de relevo de presión de resorte auto-operadas, las cuales comúnmente se diseñan para abrir a una determinada presión y proteger un recipiente o sistema de la sobrepresión por la remoción o relevo del fluido del recipiente o sistema. Ver figura 2.2.1.

Los componentes básicos de una válvula de relevo de presión de resorte son; una boquilla de entrada conectada al recipiente o sistema que será protegido, un disco movable, el cual controla el flujo a través de la boquilla y un resorte, el cual controla la posición del disco.

Bajo condiciones de operación normal, la presión en la entrada esta abajo de la presión de ajuste y el disco esta asentado sobre la boquilla impidiendo el flujo a través de la misma.

Las válvulas de relevo de presión de resorte están referidas a una variedad de términos, tales como válvulas de seguridad, válvulas de relevo y válvulas de relevo de seguridad. Estos términos han sido tradicionalmente aplicados a válvulas para servicio de gas/vapor, servicio de líquido o aplicaciones multi-servicio, respectivamente. Sin embargo, el término más genérico es válvula de relevo de presión, el cual es usado en el cuerpo del texto y es aplicable para los tres servicios.

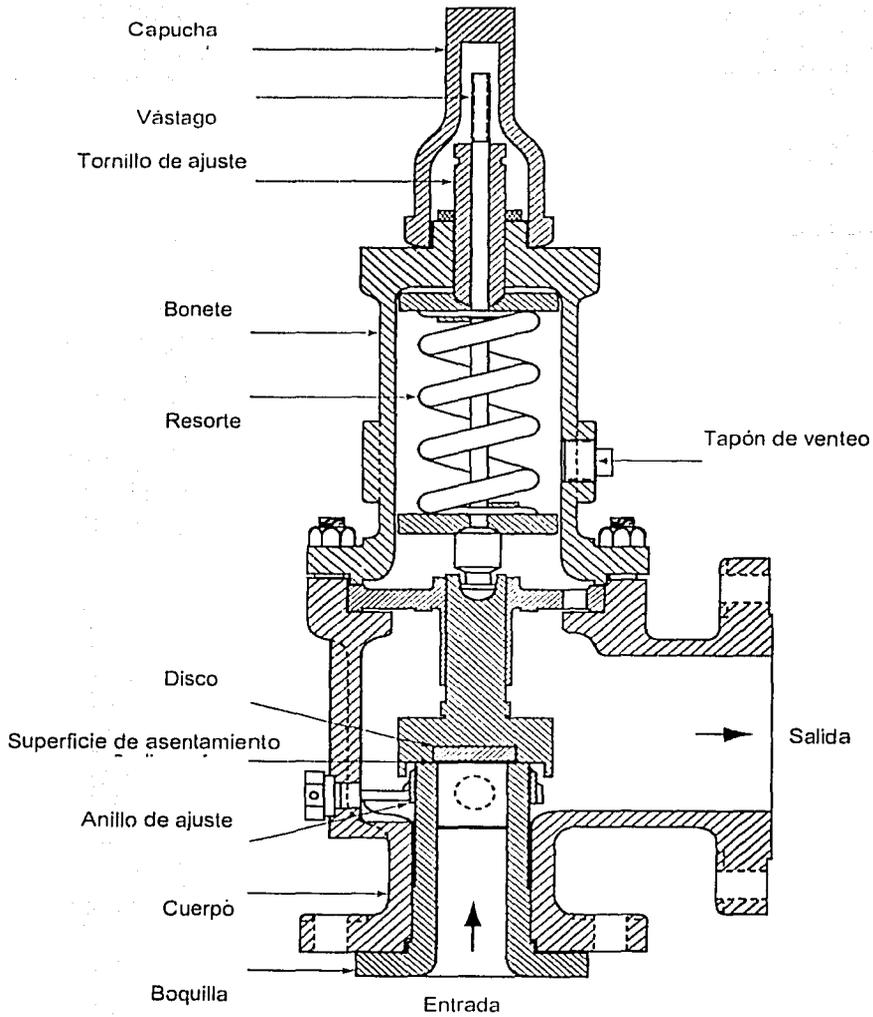


Figura 2.2.1 Válvula de Relevo de Presión Convencional

TEST CON
 FALLA DE ORIGEN

El principio de operación de una válvula de relevo de presión de resorte cargado convencional, esta basado sobre un balance de fuerza. El resorte cargado esta prefijo para igualar la fuerza ejercida sobre el disco cerrado por el fluido de entrada, cuando la presión del sistema esta a la presión de ajuste de la válvula. Cuando la presión de entrada esta abajo de la presión de ajuste, el disco permanece asentado sobre la boquilla en la posición cerrada. Cuando la presión de entrada excede la presión de ajuste, la fuerza de presión sobre el disco vence la fuerza del resorte y la válvula abre. Cuando la presión de entrada se reduce a un nivel debajo de la presión de ajuste, la válvula vuelve a cerrar.

El párrafo anterior es lo que indica comúnmente la literatura técnica, sin embargo es probable que a un nivel diferencial arriba de la presión de ajuste la válvula vuelva a cerrar debido al comportamiento de la resistencia mecánica del resorte, ya que su capacidad y propiedades de elongación, compresión y resistencia no se restablece al mismo valor original.

Actualmente en aplicaciones para servicio de líquidos, algunas reglas han sido incorporadas en el código ASME "Boiler and Pressure Vessel", sección VIII, así como en otros estándares internacionales, los cuales direccionan el funcionamiento de válvula para servicio líquido a 10% de sobrepresión, las cuales requieren una certificación de la capacidad.

Válvulas de relevo de presión diseñadas para servicio con líquido han sido desarrolladas, las cuales llevan acabo una elevación completa del disco, con operación estable y capacidad nominal a 10% de sobrepresión en cumplimiento con los requerimientos.

2.2.2 VÁLVULAS DE RELEVO DE PRESIÓN BALANCEADAS.

Son válvulas de relevo de presión, las cuales incorporan un fuelle u otros medios de balanceo del disco de la válvula, para minimizar los efectos de contrapresión sobre las características de funcionamiento de la válvula. Ver figura 2.2.2

También los fuelles pueden tener la función de sello para evitar que fluidos compresibles tóxicos puedan fugar a la atmósfera a través de los espacios internos entre el ensamble de la guía, resorte, bonete y cuerpo de la válvula.

Adicionalmente, las válvulas de relevo de presión balanceadas pueden ser usadas como un medio para aislar la guía, resorte, bonete y otras partes internas superiores de trabajo dentro de la válvula del fluido de relevo. Esto puede ser importante si hay antecedentes de que el fluido causará daño corrosivo a estas partes.

Las válvulas de relevo de presión balanceadas deben ser consideradas donde la contrapresión desarrollada (contrapresión causada por el flujo a través de la tubería corriente abajo después del levantamiento de la válvula de relevo) es demasiado alta para un relevo de presión convencional.

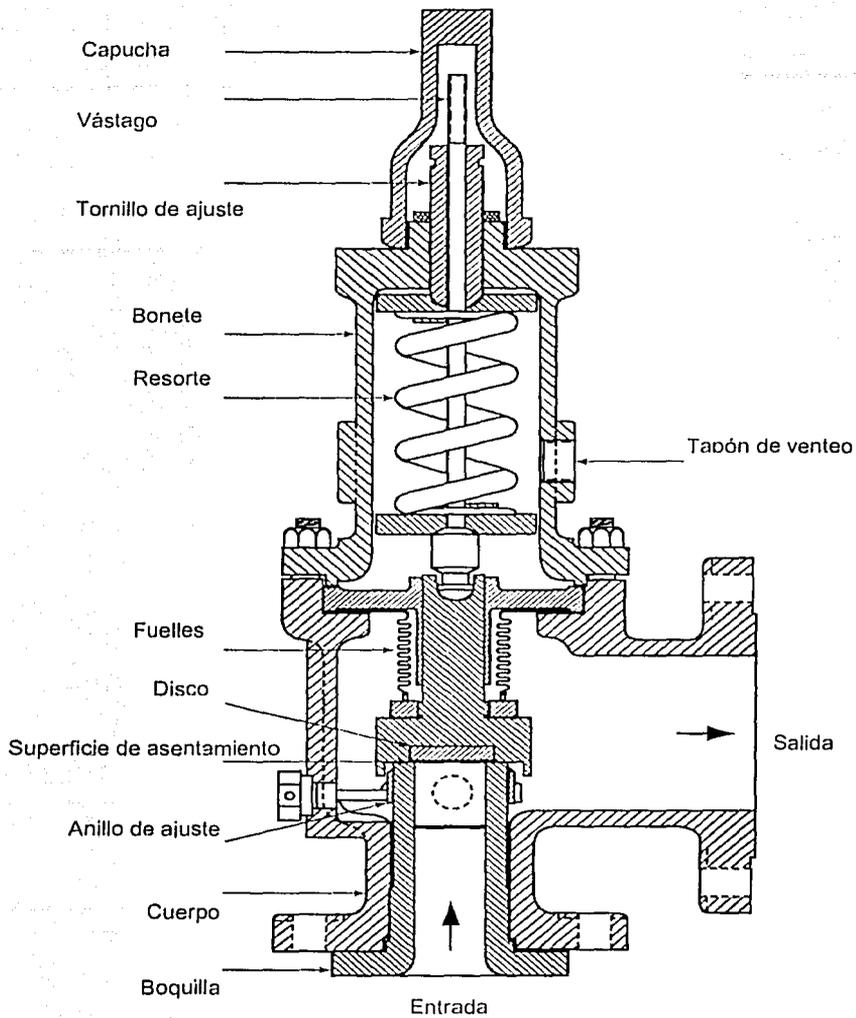


Figura 2.2.2 Válvula de Relevo de Presión de Fuelle Balanceados.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Otros medios de balanceo en una válvula de relevo de presión de resorte cargado, tal como un pistón de cierre, se usa en algunos diseños de válvula. Estos diseños funcionan de una manera similar al diseño de los fuelles balanceados.

2.2.3 VÁLVULAS DE RELEVO DE PRESIÓN OPERADAS POR PILOTO.

Una válvula de relevo de presión operada por piloto, consiste de una válvula principal, la cual normalmente encierra un pistón flotante desequilibrado ensamblado en el cuerpo, y un piloto externo. Ver figura 2.2.3

El pistón esta diseñado para tener una gran área sobre la tapa, mayor que la del fondo. Hasta la presión de ajuste, las áreas de la tapa y fondo están expuestas a la misma presión de operación de entrada.

Debido a la mayor área sobre la tapa del pistón, la fuerza neta contiene el pistón apretado contra la boquilla de la válvula principal. A medida que la presión de operación incrementa, la fuerza de asentamiento neta incrementa y tiende a someter a la válvula a esfuerzos. Esta característica permite a la mayoría de las válvulas operadas por piloto, ser usadas donde los porcentajes de la presión de operación máxima permisible son mayores que el 21%.

Observación; con base a su principio de operación, este tipo de dispositivos es común que sean aplicados y especificados en la descarga de equipos de compresión centrífugos, accionados con turbinas de gas, donde se alcanza una presión de descarga relativamente alta, mayor a los 60-70 kg/cm².

A la presión de ajuste, el piloto ventea la presión de la tapa del pistón; el resultado es que la fuerza neta es ahora ascendente causando levantamiento del pistón, y el proceso de flujo del fluido se establece a través de la válvula principal. Después de la sobrepresión incidente, el piloto cerrará el venteo de la tapa del pistón y con eso la presión se restablece, y la fuerza neta causará el reasentamiento del pistón, evitando el flujo del fluido a través de la válvula principal.

El levantamiento del pistón de la válvula principal o diafragma, a diferencia de la válvula de resorte cargado convencional o balanceada, no esta afectado por la contrapresión desarrollada. Esto permite por igual altas presiones en los cabezales de descarga de relevo.

Con relación al piloto que opera la válvula principal puede ser del tipo acción de disparo o acción modulante. Las válvulas de relevo de presión operadas por piloto están disponibles para usarse en servicios de líquido y vapor. Las características de algunas válvulas de relevo de presión operadas por piloto no son afectadas por el estado físico del fluido (líquido o gas) y estos tipos son recomendados para aplicaciones de flujo a dos fases.

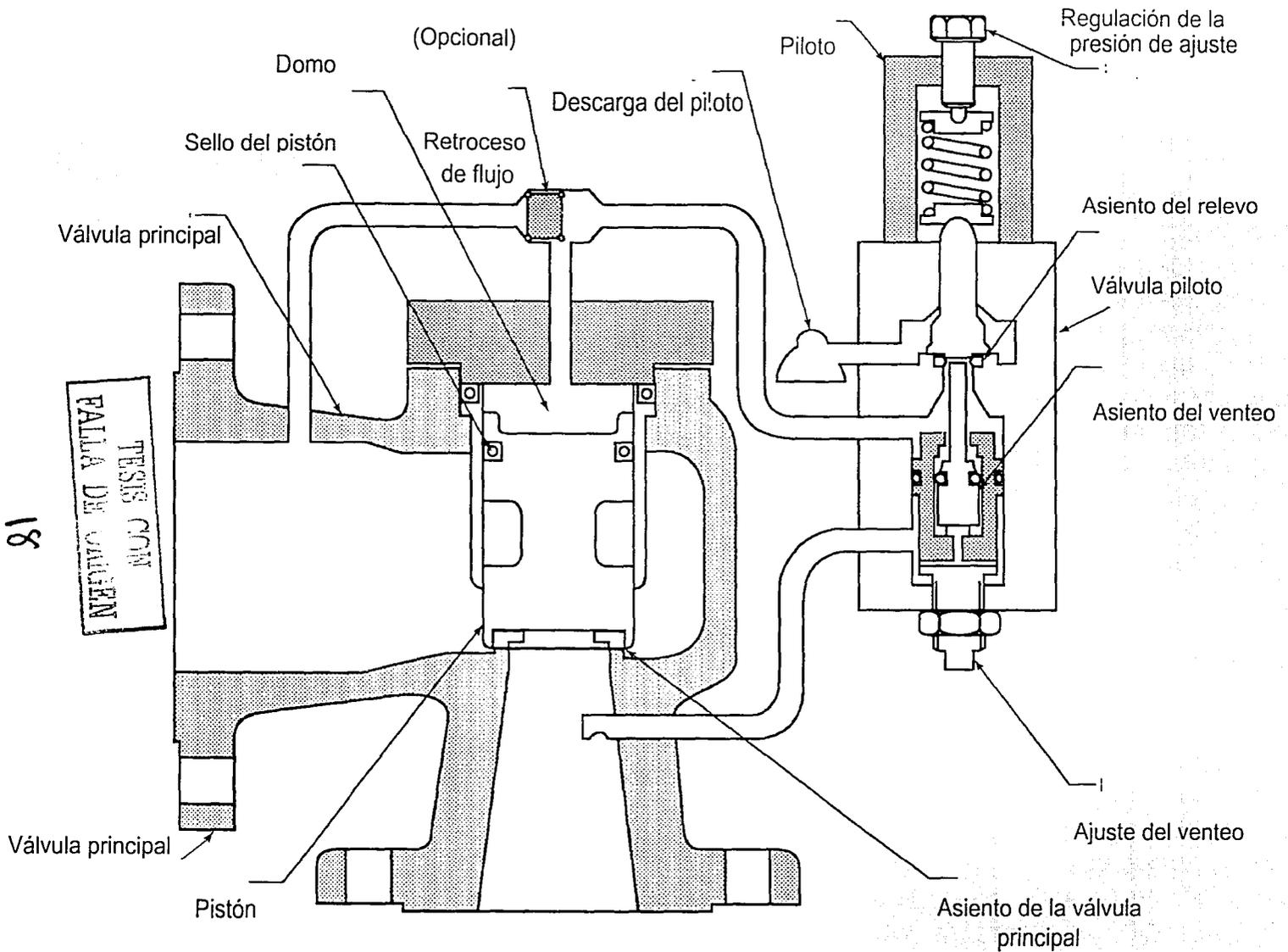


Figura 2.2.3 Válvula Operada por Piloto Acción de Disparo.

2.3 SISTEMAS DE RELEVO DE PRESIÓN⁵.

Durante el diseño de los sistemas de proceso en plataformas marinas, en plantas terrestres de separación aceite-gas, en estaciones de compresión y áreas de almacenamiento y distribución de crudo, por mencionar solo algunas, se requiere de un sistema de relevo de presión, el cual es un sistema de seguridad empleado para controlar las variaciones en las condiciones de operación y disponer en forma segura de los fluidos, gases y vapores, resultantes de la operación anormal o de una emergencia.

Los sistemas de seguridad que deben existir en toda planta de proceso para proteger al personal, al equipo, a la infraestructura y al medio ambiente, durante una condición de operación anormal o de emergencia, son llamados sistemas de relevo de presión, sistemas de alivio de presión o más comúnmente sistemas de desfogue, este término por convención se aplicara en el desarrollo del presente trabajo.

Los sistemas de desfogue son empleados para disponer en forma adecuada y segura, los fluidos provenientes de cada uno de los dispositivos de relevo de presión instalados en los equipos o líneas de proceso, los cuales actúan en la mayoría de los casos como respuesta a condiciones de sobrepresión o incremento de flujo. Este incremento de presión o sobrepresión puede ser originado por las condiciones intrínsecas del proceso (fallas operacionales y filosofías de operación) o por situaciones de emergencia tales como fuego, expansión térmica o fallas de servicios auxiliares.

Entre los principales tipos de sistemas de desfogue se tiene; el sistema abierto, el sistema cerrado y el sistema de recuperación.

(a). El sistema abierto: es aquel en el cual el fluido relevado a través de los dispositivos de relevo de presión, entra en contacto directo con la atmósfera al ocurrir el desfogue.

Por lo general, a este sistema se envían los fluidos que únicamente satisfacen lo referente a ruido excesivo durante la descarga, como son el vapor de agua, aire comprimido y gas inerte.

Solo en casos excepcionales, se pueden enviar directamente a la atmósfera pequeñas cantidades de hidrocarburos y otros gases inflamables o tóxicos, cuando tengan bajos pesos moleculares y una rápida difusión en el aire, además de que no causen problemas como; exposición del personal operativo a gases tóxicos que excedan los tiempos y concentraciones permisibles de acuerdo a lo establecido en los reglamentos aplicables, que el gas relevado no reaccione químicamente y no forme mezclas explosivas e inflamables con el aire a nivel de piso terminado y explosión de corrientes de relevo en el punto de emisión.

(b). El sistema cerrado: es un sistema más complejo que consiste en una red de tubería con cabezales y ramales, los cuales recolectan el fluido relevado de los

distintos dispositivos de relevo de presión conduciéndolo hacia un punto en cual se puede disponer en forma adecuada y segura, por medio de un quemador.

El sistema cerrado con disposición final en un quemador, tiene la ventaja de ser el más seguro, pero debido a la tubería, arreglo necesario y componentes involucrados, así como el costo de adquisición del quemador, no resulta ser el más económico.

En aplicaciones para el relevo hacia un sistema cerrado se tiene que; el relevo de vapores inflamables no tóxicos, se envía al sistema de desfogue y de ahí al quemador.

Para desfogar gases tóxicos o inflamables, estos se envían directamente al quemador cuando sus productos de combustión no sean tóxicos, o bien que éstos últimos, en todo momento se encuentren en concentraciones inferiores a las concentraciones nocivas. En caso contrario los desfogues pasarán previamente por un sistema de neutralización, absorción o algún otro tratamiento para mantener las concentraciones a la atmósfera en niveles permisibles para tiempos de exposición prolongados.

(c). El sistema de recuperación: es un sistema cerrado que tiene como finalidad recolectar el fluido relevado y proporcionar el tratamiento adecuado, para recuperar sustancias de alto valor económico, o para neutralizar y convertir en productos menos riesgosos, de tal manera que éstos puedan ser liberados a la atmósfera o enviados al quemador.

Es importante indicar que los sistemas de relevo de presión considerados en este trabajo, están basados en el tipo de recuperación, en el cual se tiene captación y recuperación de condensados formados por la expansión del gas. Y el sistema esta formado por los siguientes componentes principales; válvulas de relevo de presión, válvulas de control de presión, válvulas de venteo, cabezales y ramales de desfogue, tanque de desfogue, bombas de recuperación de condensados, sellos de gas, quemador elevado y sistema de encendido electrónico. Bajo este esquema podemos asumir las siguientes consideraciones:

- Las válvulas de relevo de presión pueden abrir oportunamente.
- El alcance de este trabajo esta enfocado al manejo de fluidos compresibles.
- La tubería, cabezales y ramales de desfogue son dimensionados adecuadamente para proveer el relevo de presión.
- El flujo de relevo puede ser determinado por ecuaciones de flujo a régimen permanente.
- Las condiciones son aproximadamente uniformes a través de cada fase en cualquier momento.
- Generación de presión adicional por reacción en la tubería de relevo no se considera.
- Aplicaciones de sistemas de relevo más complejos, como por ejemplo con polímeros, cae fuera del alcance de este trabajo.

2.4 NORMATIVIDAD APLICABLE

La normatividad aplicable, la cual consiste en códigos, normas y prácticas recomendadas internacionales, así como normas y reglamentación local, para el diseño y especificación de los diferentes componentes que integran un sistema de desfogue se indican en la figura 2.4.1., a continuación se describe el alcance de su aplicación:

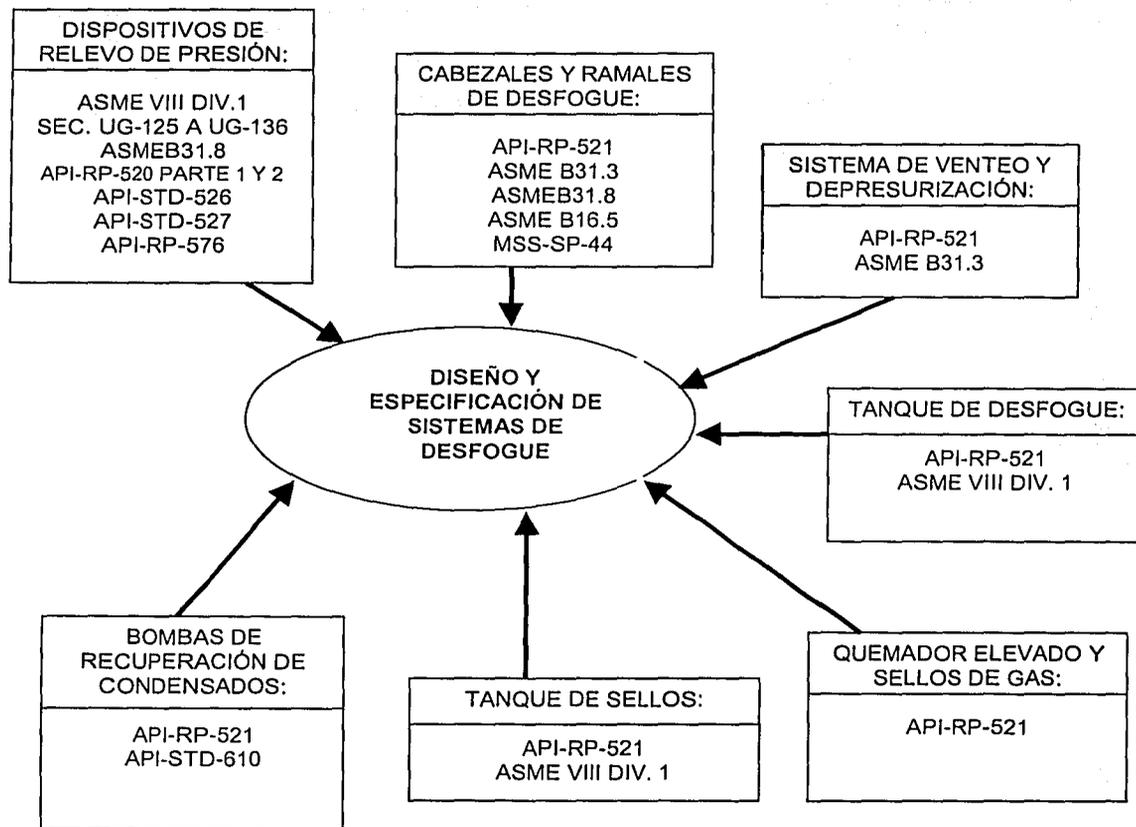


Figura 2.4.1 Esquema de normatividad aplicable.

El código "ASME Sección VIII, División 1"⁶, en los párrafos del UG-125 hasta el UG-136, se dan lineamientos de requerimientos de válvulas de relevo de presión para recipientes con presiones de operación mayores a 15 psig, también se proporcionan criterios de presión de ajuste para apertura de válvulas de relevo de presión, con respecto a la presión de operación, el certificado de calidad que otorga ASME el cual garantiza que las válvulas cumplen con las especificaciones de capacidad, localización y requerimientos mínimos de ajuste. Así como, el diseño, fabricación, materiales, inspección y pruebas de recipientes a presión.

El código ASME B31.8, "Gas Transmission and Distribution Piping Systems"⁷, la parte que se refiere a estaciones de compresión y dispositivos de seguridad, punto 843.44 Requerimientos que limitan la presión en estaciones de compresión, indica que relevo de presión u otros dispositivos de protección conveniente de capacidad adecuada y sensibilidad, serán instalados y mantenidos para asegurar que la presión de operación máxima permisible de la tubería de la estación y equipo no sea excedida en más del 10%.

La práctica recomendada API-RP-520 parte I, "Sizing, Selection, and installation of Pressure-Relieving Devices in Refineries"¹, aplica al dimensionamiento y selección de dispositivos de relevo de presión usados en refinerías e industrias relacionadas con el manejo de hidrocarburos, para recipientes a presión y equipo que tienen una presión de operación máxima permisible de 15 psig o mayor, y que requiere protección por sobrepresión por alguna contingencia operacional o fuego.

La práctica recomendada API-RP-520 parte II¹, cubre los métodos de instalación de dispositivos de relevo de presión, para equipo que tienen una presión de operación máxima permisible de 15 psig o mayor.

El API-STD-526, "Flanged Steel Pressure Relief Valves"⁸, cubre la especificación para válvulas de relevo de presión de acero bridadas, en la cual se incluye la designación de orificio y área, tamaño de válvula, libraje de bridas de entrada y salida, materiales de cuerpo e internos, límites de presión-temperatura y dimensiones estándar, centro a cara de brida de entrada y salida.

El API-STD-527, "Seat Tightness of Pressure Relief Valves"⁹, describe los métodos para determinar el espesor del asiento de metal y asientos blandos de válvulas de relevo de presión, incluyendo los diseños de válvulas convencionales, de fuelles y operadas por piloto.

La práctica recomendada API-RP-576, "Inspection Pressure Relief Devices"¹⁰, describe las guías y procedimientos para inspección y control de dispositivos de relevo de presión, desde el punto de vista de mantenimiento, pruebas y control de la documentación en la planta.

La práctica recomendada API-RP-521, "Guide for Pressure-Relieving and Depressuring Systems"¹¹, es aplicable al diseño de los sistemas de relevo de

presión y depresurización de gas. Esta práctica proporciona los lineamientos para determinar las causas principales de sobrepresión, determinar la capacidad de relevo individual, seleccionar y diseñar el sistema de disposición, incluyendo sus partes componentes, como recipientes, quemadores y chimeneas de venteo.

El código ASME B31.3, "Chemical Plant and Petroleum Refinery Piping" ¹², el cual cubre los requerimientos para el diseño, materiales, fabricación, ensamble, inspección y pruebas de tuberías que manejan fluidos en plantas químicas y refinerías de petróleo, en este caso aplica directamente al diseño y especificación de líneas de proceso, cabezales y ramales de desfogue, líneas de venteo, así como a líneas para manejo de fluidos de servicios auxiliares.

El ASME B16.5, "Pipe Flanges and Flanged Fittings" ¹³, el cual cubre los requerimientos y estándares de especificación de bridas para tubería y accesorios bridados en diámetros de ½" hasta 24" pulgadas.

El MSS SP-44, "Steel Pipelines Flanges" ¹⁴, el cual cubre los requerimientos y estándares de especificación de bridas para tubería de acero en diámetros mayores de 24" pulgadas.

El API-STD-610, "Centrifugal Pumps for Petroleum, Heavy Duty Chemical and Gas Industry Services" ¹⁵, cubre los requerimientos mínimos y especificación de bombas centrífugas para uso en servicios de hidrocarburos, químicos y la industria de gas.

La Norma Oficial Mexicana, NOM-085-ECOL-1994 ¹⁶, la cual establece los niveles máximos de permisibles de emisión a la atmósfera de partículas por combustión en fuentes fijas, que usan combustibles fósiles sólidos, líquidos, gaseoso o cualquiera de sus combinaciones. Es conveniente indicar que en su última modificación, se exceptúan los quemadores industriales de campo.

Observación; en este punto, se describieron en forma muy general los alcances y aplicación de los códigos, normas y reglamentación más relevante, aplicable en el análisis y diseño de sistemas de desfogue o relevo de presión, con la finalidad de tener un marco de referencia y normativo relacionado con el alcance del presente trabajo.

Adicionalmente, es conveniente e importante puntualizar que la aplicación de un código puede tener una implicación obligatoria y legal de mayor importancia y trascendencia, la cual difiere de las prácticas recomendadas y estándares, como en el caso de los Estados Unidos de Norteamérica.

La aplicación de las prácticas recomendadas y estándares, en el diseño de ingeniería no tienen implicaciones legales.

Con respecto a las prácticas recomendadas no tienen el carácter de definitivas y tampoco son restrictivas para el diseño.

En el caso de los estándares, son especificaciones o lineamientos aplicables para diseñar, fabricar y suministrar un producto o equipo con características específicas para cumplir con una determinada calidad y adecuado funcionamiento.

En el ámbito nacional cuando no se cuente con las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), a los códigos, prácticas recomendadas y estándares no los ampara la ley general. Para su aplicación se debe solicitar éste o su equivalente entre otros, API, ASME, etc.

2.5 LINEAMIENTOS BÁSICOS PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE DESFOGUE.

En principio debemos tener en cuenta que un sistema de desfogue del tipo de recuperación, es complejo y laborioso para su cálculo, diseño y especificación, debido a que es un sistema integral formado por varios dispositivos de relevo de presión, red de tubería compuesta por cabezales, ramales de desfogue y líneas de depresurización, las cuales son la columna vertebral que interconecta a los demás componentes, así como el propio sistema de recuperación y el quemador elevado para disposición final.

Dentro de la instalación en operación, cada sección del proceso y equipo sujeto a presión debe ser analizado y evaluado con relación a un posible evento anormal o emergencia que origine una sobrepresión excesiva. Si cierto evento de sobrepresión afecta a más de una unidad de proceso, todas las unidades que involucre deben ser consideradas, con el fin de determinar y diseñar el sistema de desfogue para la condición máxima posible o crítica de operación de emergencia, la cual puede corresponder al flujo máximo de desfogue para uno o varios eventos determinados, o a la máxima contrapresión generada en la tubería de desfogue.

Para desarrollar el diseño adecuado de un sistema de relevo de presión o desfogue, se requiere elaborar los diagramas que muestren las diferentes fallas operativas que se pueden presentar en las instalaciones de la planta de proceso.

(a). Diagrama de balance de desfogues. En este documento se ubican en forma esquemática las plantas o plataformas de proceso, áreas de almacenamiento, fuentes de relevo de presión o salida de los desfogues, se indican también los separadores de líquidos o separador recolector de condensados (tanque de desfogue), los tanques de sello con agua y los quemadores involucrados en el sistema, así como el sentido de flujo del fluido.

El balance de desfogue debe indicar la información de relevo para cada corriente; número de la corriente, nombre y tipo de desfogue, causa de relevo, flujo, peso molecular, así como las condiciones de relevo, presión y temperatura. Es conveniente agrupar en un cabezal de desfogue, todas aquellas corrientes de gas cuyas características sean similares, composición, niveles de presión y temperatura de descarga, por mencionar algunas.

(b). Diagrama de análisis de cargas. Indica en forma más detallada los eventos o situaciones de emergencia en cada una de las plantas o plataformas de proceso, de tal forma que sea posible visualizar en forma rápida la condición más crítica del sistema.

La información relevante que se indica es; aportaciones de desfogues de las secciones que intervienen en el sistema, las causas de relevo para cada plataforma de proceso o equipo en particular, características del fluido, flujo, peso molecular, condiciones de relevo, presión y temperatura, interrelación con los servicios auxiliares (agua de enfriamiento, subestación eléctrica, etc.), diámetro de desfogue y quemador al que será enviada la corriente de gas.

En sección aparte, se indican los grupos de quemado resultantes, anotando en cada uno, la causa principal y flujo de desfogue, con objeto de que pueda visualizarse claramente el flujo total de diseño resultante del evento o eventos simultáneos de desfogue.

Como parte fundamental para elaborar el diagrama de análisis de cargas, está la etapa de análisis de fallas y análisis de la filosofía de operación del proceso, en las cuales se profundiza en los aspectos de perturbaciones al proceso, fallas de equipos y fallas de servicios auxiliares¹⁷. En esta etapa se requiere de la información previa mostrada en todos los diagramas de tubería e instrumentación de proceso y servicios auxiliares desarrollados, filosofías de proceso y hojas de datos de los dispositivos de relevo de presión.

Resumiendo, son varias etapas las que se tienen que llevar a cabo para el diseño y especificación del sistema de desfogue integral, entre las cuales podemos identificar: el dimensionamiento y especificación de válvulas de relevo de presión, elaboración del diagrama de balance de desfogue, elaboración del diagrama de análisis de cargas, dimensionamiento y especificación de los cabezales y ramales de desfogue, así como el sistema de recuperación y quemador para disposición final.

Con respecto al mejor camino para dimensionar la tubería de desfogue, es un trabajo que se realiza corriente arriba del punto final donde descarga el cabezal (la atmósfera, unidad de tratamiento o quemador). El enfoque general es hacer una suposición de los tamaños de tubería, y calcular la presión inicial, realizando un proceso iterativo con ayuda de un programa de computadora. Cálculos detallados se llevan a cabo para determinar la caída de presión a través de cada segmento de tubería. La contrapresión es calculada en cada válvula de relevo y comparada con su máxima contrapresión permisible, el procedimiento continúa hasta que las contrapresiones están todas dentro de una tolerancia establecida.

Finalmente, la tabla 2.5.1 indica las prácticas recomendadas y estándares de ingeniería y los métodos comúnmente utilizados para el dimensionamiento y diseño de los componentes principales de un sistema de desfogue. Posteriormente en el capítulo V, se analizarán con mayor detalle los métodos y criterios básicos de diseño de cada uno de los componentes del sistema de desfogue.

COMPONENTES	NORMATIVIDAD	ALCANCE	OTRO METODO DE CÁLCULO
Dispositivos de relevo de presión	API-RP-520 API-STD-526	Dimensionamiento y especificación	
Cabezales y ramales de desfogue	API-RP-521 ASME B31.3	Dimensionamiento y especificación	Darcy, Conison, Mak, Missen, Adiabático, Empíricas
Líneas de venteo y depresurización	API-RP-521 ASME B31.3	Dimensionamiento y especificación	NFPA, Leung, Level Swell, Stepwise, Fauske, Dos fases, DIERS, Huff, Boyle, Nomograma
Tanque de desfogue	API-RP-521 BVP ASME VIII DIV. 1	Dimensionamiento y especificación, construcción.	Métodos cortos separador bifásico.
Tanque de sello	API-RP-521 BVP ASME VIII DIV. 1	Dimensionamiento y especificación, construcción.	
Quemador elevado	API-RP-521	Dimensionamiento	Brzustowski & Sommer

Tabla 2.5.1 Normatividad y métodos de cálculo de los componentes del sistema de desfogue.

2.6 FILOSOFÍAS GENERALES DE DISEÑO DE SISTEMAS DE DESFOGUE.

El primer paso de gran importancia en el diseño de los sistemas de desfogue, es llevar al cabo un análisis detallado de todas las posibles condiciones en las que se descargan los fluidos de cada uno de los dispositivos de relevo de presión, con el objeto de determinar la carga máxima para cualquier evento de emergencia, o sea el total de las cargas en condiciones de emergencia. Dicho análisis toma en cuenta la historia y experiencia de plantas similares, prácticas recomendadas de ingeniería, así como el criterio y experiencia del diseñador.

Para determinar la carga máxima a relevar no se deberán suponer dos riesgos por ejemplo, no se supone que dos riesgos separados y sin relación entre sí, puedan ocurrir en forma simultánea, como una falla de energía eléctrica y una descarga bloqueada.

Sin embargo, es importante notar que una falla pueda dar origen a otra, de modo que deberá realizarse un análisis detallado para determinar como los equipos de proceso y sus sistemas auxiliares se interrelacionan y como se relacionan entre sí dichos equipos.

Cuando se considere que el fuego sea una emergencia que pueda ocasionar sobrepresión excesiva en los equipos de la unidad de proceso, no deberán sumarse todas las masas a relevar calculadas para los equipos sujetos a esta emergencia,

sino solo aquellas correspondientes a los equipos comprendidos en un área de alcance, denominada zona de fuego.

Con base a lo anterior, se pueden identificar que las filosofías para diseño de sistemas de desfogue no son únicas y que dependen de un gran número de factores entre los cuales podemos citar, el diseño del proceso, la filosofía de operación normal y emergencia, el tipo de instalación de proceso, factores ecológicos y ambientales, así como el costo de adquisición de los equipos. Y que la base del diseño de este tipo de sistemas es la determinación de la carga máxima a relevar, así como la máxima contrapresión generada.

En cuanto a identificación de filosofías generales de diseño de sistemas de desfogue, para estaciones de recompresión de gas se han realizado trabajos en los cuales la capacidad de desfogue del sistema, corresponde a la máxima capacidad de transporte de gas de la instalación con el mayor número de compresores en operación, manteniendo uno de relevo.

En baterías de separación de hidrocarburos en tierra, se han efectuado trabajos en los cuales la capacidad de diseño del sistema de desfogue, corresponde con la máxima capacidad instalada de separación de gas.

Con respecto a una refinería de procesamiento de hidrocarburos, las causas y filosofías más dominantes en el diseño de sistemas de desfogue corresponden a falla de agua de enfriamiento y fuego localizado en una determinada área de proceso, por lo general se encuentra confinada en 232 m^2 (2,500 pies cuadrados). Y el dimensionamiento del cabezal de relevo como regla general es diseñar para la capacidad de la válvula de relevo de presión mayor conectada al cabezal más el flujo del fluido de proceso requerido del sistema¹⁸, si estos pueden ocurrir juntos.

En plataformas de compresión de gas, se han desarrollado trabajos en los cuales la capacidad de diseño del sistema de desfogue, ha correspondido con la capacidad de manejo de tres módulos de compresión teniendo uno como relevo, independiente de los otros sistemas de desfogue de las demás plataformas, perforación y producción. O sea, en las filosofías no se ha diseñado un sistema con un enfoque integral del complejo de producción costa fuera, en la mayoría de las veces los diseños han sido para cubrir las necesidades solamente de la plataforma de proceso en cuestión, perforación, producción o compresión.

CAPITULO III

3.0 DESCRIPCIÓN DE UN COMPLEJO DE EXPLOTACIÓN DE HIDROCARBUROS COSTA FUERA.

En este capítulo se describe en forma particular como esta integrado un complejo de explotación de hidrocarburos ubicado en el campo Cantarell (Golfo de México, Sonda de Campeche, México), los cuales son denominados comúnmente instalaciones de producción costa fuera.

La descripción cubrirá los factores más relevantes como son: localización, tipo de plataforma, función de la plataforma, distribución de equipos de proceso y servicios auxiliares, con objeto de ubicar el contexto en el que se desarrollarán las bases de diseño y problema de aplicación del presente trabajo.

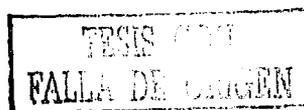
Se toma como complejo más representativo, una de las instalaciones costa fuera actualmente con mayor infraestructura para explotación y producción de hidrocarburos, el complejo marino Akal "C". Este complejo se encuentra localizado en el campo Cantarell, aproximadamente a 80 km al norte de Cd. Del Carmen, Campeche, colindando al noroeste con el complejo Akal "J" y al sureste con el complejo Nohoch "A". El complejo Akal "C" esta formado por las siguientes plataformas marinas; 1 Plataforma de Perforación, 1 Plataforma de Enlace, 3 Plataformas de Producción y trípodes de quemadores asociados, 3 Plataformas de Compresión, 1 Plataforma de Proceso, 2 Plataformas Habitacionales y 1 Trípode de Telecomunicaciones. (Ver figura 3.0)

3.1 PLATAFORMA DE PERFORACIÓN.

La Plataforma de Perforación Akal C-1 (PP-AC-1) es una infraestructura fija formada por una subestructura tubular asentada en el lecho marino y una superestructura tipo octápodo apoyada sobre la subestructura. La superestructura esta formada por dos niveles o cubiertas donde se localizan los equipos, válvulas y tuberías, trampas de diablos asociadas a las líneas submarinas de transporte de aceite y gas.

Las cubiertas están soportadas por 8 columnas de 48" de diámetro nominal (D.N.), dispuestas en una matriz de 2 X 4, en el sentido longitudinal mantienen una separación principal entre los ejes 2 y 3 de 12.192 m. (40 pies) y de 13.716 m (45 pies) en el transversal. La distancia libre entre la cara inferior de las trabes de la cubierta superior y la rejilla de la cubierta inferior es de aproximadamente 4.9 m. (16.076 pies).

La función y operación original de la instalación consistía en; la recepción y salida de mezcla de pozos por cabezal de producción general para envió posteriormente a separación en las Plataformas de Producción, medición de la producción de aceite y



NOMENCLATURA:

PP-AC= PLATAFORMA DE PERFORACIÓN

PB-AC= PLATAFORMA DE PRODUCCIÓN

E-AC = PLATAFORMA DE ENLACE

CA-AC= PLATAFORMA DE COMPRESIÓN

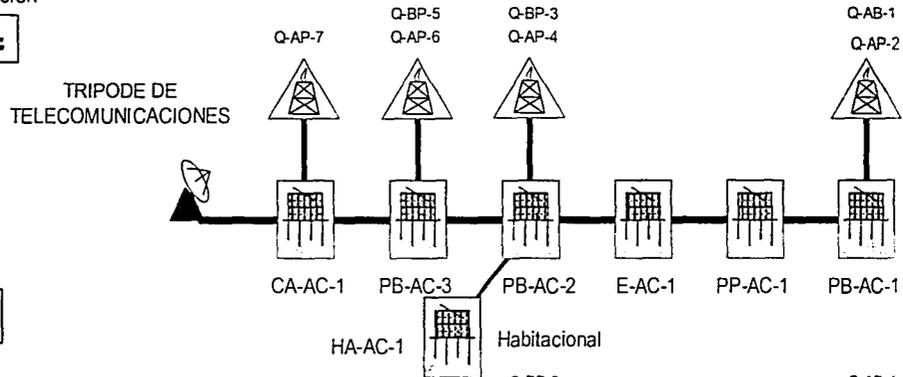
HA-AC= PLATAFORMA HABITACIONAL

Q-BP = QUEMADOR DE BAJA PRESIÓN

Q-AP = QUEMADOR DE ALTA PRESIÓN

COMPLEJO MARINO AKAL-C

Situación Anterior:



Situación Actual:

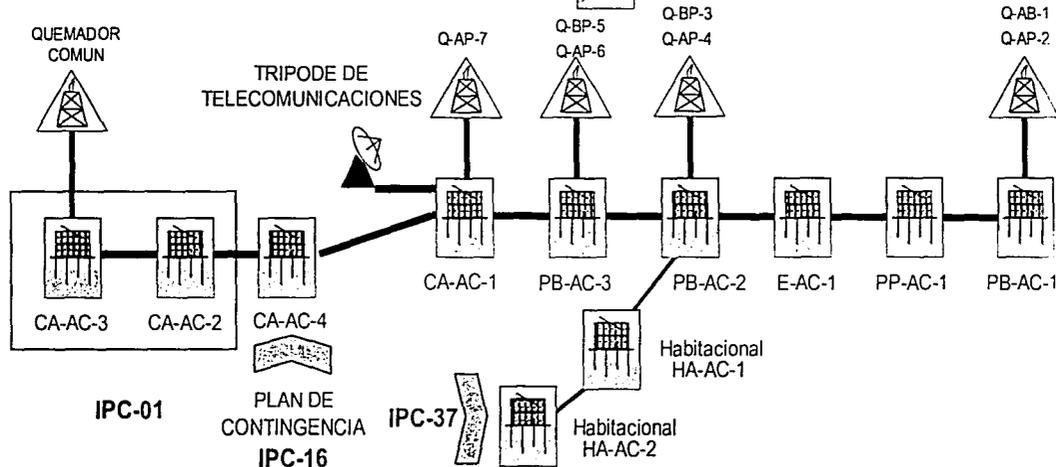


Figura 3.0 Complejo Marino Akal "C". Situación Actual.

gas de cada uno de los pozos, es decir la explotación, recolección y manejo de la producción gas-aceite de los pozos del campo marino.

En la actualidad la operación ha cambiado, debido a que los pozos de la plataforma terminaron su etapa de producción, por lo que se han retirado los arboles de navidad, cabezales de producción y prueba, así como el separador de medición y equipo asociado.

Actualmente se ha aprovechado la infraestructura de acuerdo a las necesidades de Pemex Exploración Producción y se tiene instalado equipo de bombeo y compresión de gas amargo.

En el primer nivel cubierta inferior elevación 15.850 m. sobre el nivel medio del mar (NMM) se ubican; al norte el puente de interconexión hacia la Plataforma de Producción Akal C-1 (PB-AC-1) y al sur los puentes hacia la Plataforma de Enlace Akal C-1 (PE-AC-1), escaleras para acceso a la cubierta superior, el área de turbobombas (GA-2001 A-C) entre los pares de ejes B-1, B-3 y A-1, A-3, al lado este de la plataforma las trampas de recibo de diablos de Akal-I (HR-1251) y Akal-D (HR-1252), en el lado oeste la trampa de envío de diablos a Akal-E (HR-1253), equipos de servicios como tanque (FB-1300) y bombas de agua potable (GA-1300/R), tanque de agente químico (FB-1302) y bomba (GA-1302), acumulador de aire de instrumentos (FA-1501), así como cuarto de arrancadores, sanitarios y cápsula de salvamento. (Ver figura 3.1.1).

En el segundo nivel cubierta superior elevación 20.750 m., se ubica el sistema de compresión para inyección de gas a pozos, formado por 3 módulos de compresión T-100 A-C, cada uno tiene una capacidad de 150 MMPCSD. Dichos módulos de compresión succionan del cabezal general de gas amargo de planta deshidratadora, la presión normal en el cabezal de succión es de 80 kg/cm² y temperatura de 49 °C, siendo la presión de descarga de 140 kg/cm².

La secuencia de flujo de operación normal por módulo de compresión es la siguiente; el gas de entrada alimenta al módulo a través de una tubería de 12" de D.N. donde se encuentra colocada una válvula de bola de accionamiento remoto (SDV-100) a 80 kg/cm² y 49 °C. El gas continúa su trayectoria hasta llegar al separador de succión (V-101) donde se separan los condensados que pudiera contener el gas.

El gas sale del separador de succión y pasando por un colador temporal en línea (SP-100), llega al compresor de gas (T-100) donde se comprime a 140 kg/cm², y 118 °C. El gas comprimido caliente pasa por un enfriador de gas de descarga (E-100), donde se enfría a 52 °C. Luego el gas enfriado se envía al separador de condensados para eliminar cualquier condensado formado por la compresión y enfriamiento, finalmente el gas sale del módulo a través de la tubería de 12" de D.N. donde se encuentra colocada una válvula de bola de accionamiento remoto (SDV-102), para envío a Akal-E.

Con relación al arreglo de equipo de este sistema de compresión, se encuentra distribuido en la parte norte del segundo nivel de la plataforma de perforación, en el lado oeste cerca de los ejes A-1 y A-2 se ubican los separadores verticales de succión V-101 ABC y separadores verticales de descarga V-102 ABC. Enfrente de los separadores hacia el lado este de la plataforma se localizan los módulos de turbocompresores T-100 ABC y en la parte superior del paquete el sistema de acondicionamiento de gas combustible y enfriadores de tipo soloaire E-100 ABC. (Ver figura 3.1.2).

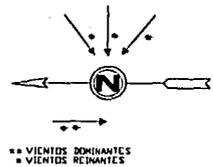
Cabe hacer la aclaración de que en la figura referida anteriormente, solamente se indican las áreas que comprenden los turbocompresores T-100 ABC, como una vista en planta, sin una vista en elevación de la localización de los soloaires E-100 ABC.

En el lado sur del segundo nivel de la cubierta superior elevación. (20.750 m.), se localiza el sistema de recuperación de vapores, integrado por 3 módulos de compresión GB-1201 A/B/C en paquete.

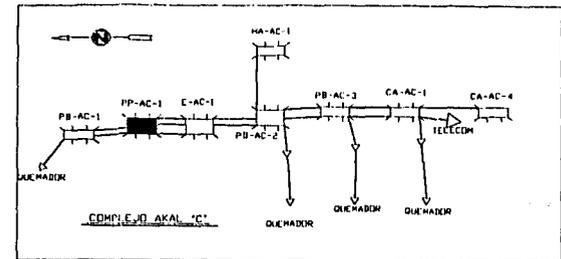
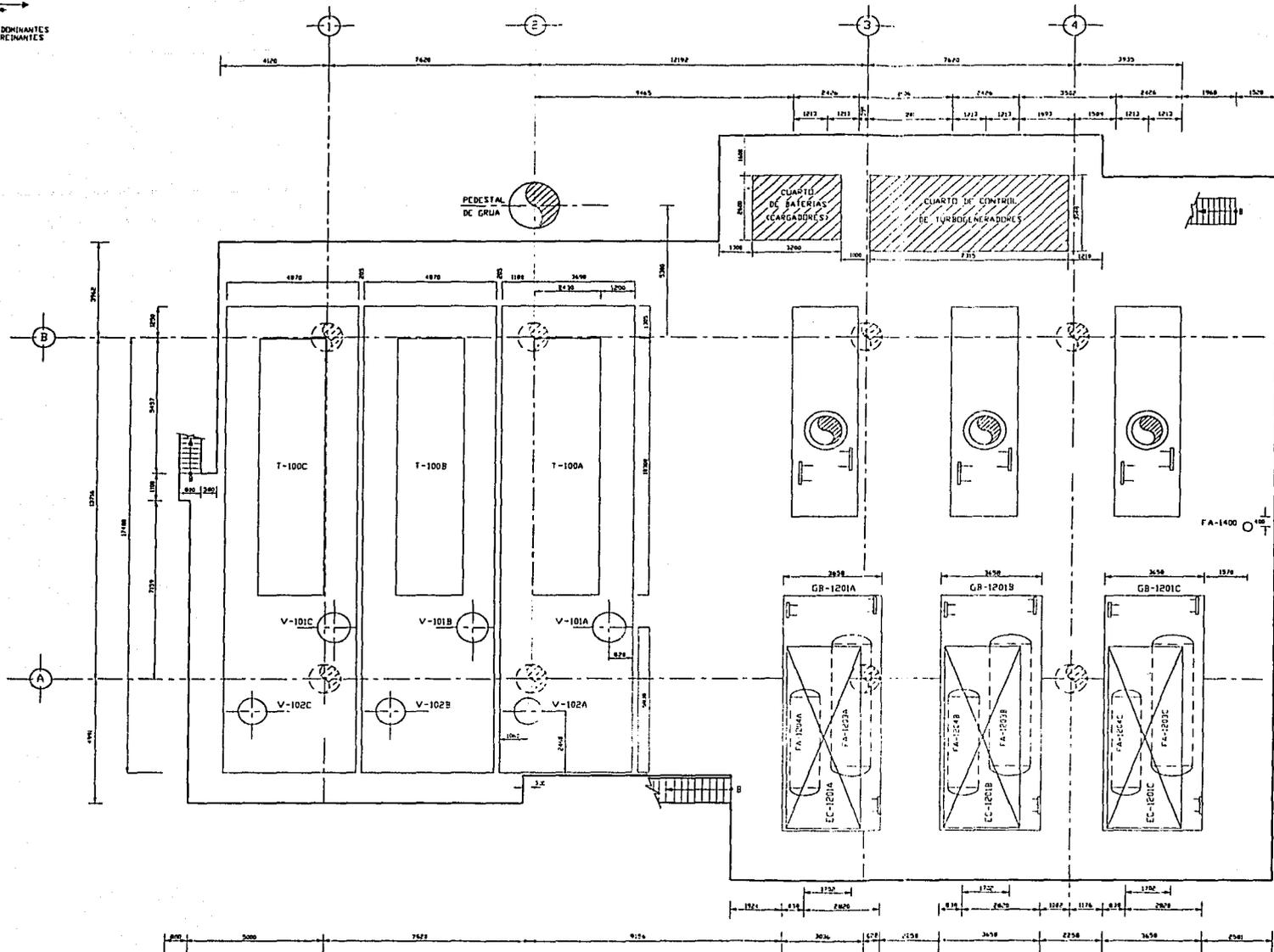
En el lado oeste de la plataforma cerca de los ejes A-3 y A-4 se ubican los separadores horizontales de succión FA-1203 A/B/C y separadores horizontales de descarga FA-1204 A/B/C, en la parte superior de estos equipos se ubican los enfriadores de vapores tipo soloaire EC-1201 A/B/C. Enfrente de los separadores hacia el lado este de la plataforma se localizan los módulos de turbocompresores GB-1201 A/B/C, así como el cuarto de baterías y cuarto de control de turbocompresores. (Ver figura 3.1.2).

El separador de gas combustible FA-1400, se localiza en el extremo sur de la plataforma equidistante con respecto al eje A-4 y B-4.

Con objeto de tener una mejor percepción de la interconexión con las demás plataformas del complejo, en las figuras referidas anteriormente, se muestra en el extremo superior derecho un croquis de localización donde la plataforma a la que se hace referencia se indica con un sombreado oscuro.



TESIS CON FALLA DE ORIGEN



NOTAS

1- CUARTOS A SER CONSIDERADOS PARA ADICIONARLOS CON PRESION POSITIVA

CLAVE	DESCRIPCION	CARACTERISTICAS
EC-1201A,B,C	SEPARADOR DE GAS	
FA-1201A	TANQUE DE COLECCION DE CONDENSADOS	DE = 1400 mm, AL = 2500
FA-1201A,B,C	SEPARADOR DE CONDENSADOS A LA SALIDA DEL COMPRESOR	DE = 1200 mm, AL = 4877 mm
FA-1201A,B,C	SEPARADOR DE CONDENSADOS A LA SALIDA DEL COMPLEJO	DE = 1200 mm, AL = 2600
CA-1201	SEPARADOR DE GAS LIQUIDADO	DE = 1200 mm, AL = 2600
FB-1201	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE DIBUIOS DE PARAFINAS	ANCHOS 1200 mm, ALTAZAS 1500 mm, A TUBO 1200 mm
CA-1201A	BOMBA PARA INYECCION DE INHIBIDOR DE PARAFINAS	
GR-1201A,B,C	TURBOCOMPRESOR DE GAS	
T-100 A,B,C	TUBO COMPRESOR	
V-101 A,B,C	SEPARADOR VERTICAL	DE = 1200 mm
V-102 A,B,C	SEPARADOR VERTICAL DE GAS	DE = 1057 mm

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

DIBUJOS DE REFERENCIA		REV		DESCRIPCION		FECHA		DISEÑADOR		REVISOR		<p>PEMEX EXPLORACION Y PRODUCCION REGION MARITIMA NOROCCIDENTE</p> <p>PLANO DE LOCALIZACION GENERAL DE EQUIPO FIG. 312 PLATAFORMA DE PERFORACION "CA-AC-1" NIVEL (ELEV. 20 POR M.S.N.)</p>		<p>FACULTAD DE QUIMICA</p> <p>UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUAYMAS</p>	
1		0											<p>NOV 83</p> <p>DIR. No. 1 AC-PP-000172</p>	<p>NOV 83</p>	

3.2 PLATAFORMA DE ENLACE.

La Plataforma de Enlace Akal C-1 (E-AC-1) es una infraestructura fija formada por una subestructura tubular asentada en el lecho marino y una superestructura tipo octápodo apoyada sobre la subestructura. La superestructura esta formada por un solo nivel o cubierta donde se localizan principalmente trampas de envío y recibo de diablos asociadas a las líneas submarinas de transporte y recolección de mezcla de hidrocarburos, gas amargo y aceite crudo, así como válvulas, tuberías y equipo pequeño de servicios auxiliares.

La cubierta esta soportada por 8 columnas de 48" de diámetro nominal (D.N.), dispuestas en una matriz de 2 X 4, en el sentido longitudinal mantienen una separación principal entre los ejes 2 y 3, y transversalmente patas A y B de 13.716 m. (45 pies).

La función y operación de la instalación consiste en la recepción de mezcla de hidrocarburos, a través de líneas submarinas provenientes de las plataformas satélites (localizadas en los alrededores del campo de explotación) y/o complejos, así como la distribución de volúmenes producidos de gas y aceite hacia tierra u otros complejos.

La mezcla de hidrocarburos de pozos que se recibe, se envía para su separación a las Plataformas de Producción, el gas de baja presión se envía al cabezal de vapores recuperados de la Plataforma de Perforación y el crudo al cabezal de succión de las bombas de transporte de crudo, localizadas también en las Plataformas de Producción.

En el único nivel elevación 15.850 m. sobre el NMM se localizan; al norte tres puentes de interconexión hacia la Plataforma de Perforación Akal C-1 (PP-AC-1) y al sur dos puentes hacia la Plataforma de Producción Akal C-2 (PB-AC-2). Es conveniente indicar que sobre los puentes de interconexión se tiene un pasillo central para circulación y acceso peatonal a las plataformas y en ambos laterales se tiene los arreglos y apoyos de las tuberías de proceso y servicios auxiliares que van o vienen de la plataforma a que se interconectan. (Ver figura 3.2.1).

Con respecto al arreglo de las trampas de diablo en el nivel 15.850 m. se encuentran distribuidas de la siguiente forma; en la parte oeste de la plataforma de enlace, entre los ejes A-1 y A-3 se ubican en forma paralela las trampas receptoras HR-2250 de Akal-I-2 (18" X 14"), HR-2251 de Akal-J-2 (24" X 20"), HR-2252 de Akal-E (18" X 14"), HR-2253 de Akal-F (18" X 14") y HR-2254 lanzador a Akal-J-1 (24" X 20"). Entre los ejes A-3 y A-4 se encuentra el receptor HR-2256 de Akal-G (18" x 14") y alineada longitudinalmente al eje A-4 se ubica la cápsula de salvamento. (Ver figura 3.2.1).

En el lado norte, cargado al eje A-1 esta un cuarto de control de motores y cuarto de baterías.

En el lado oeste de la plataforma entre los ejes B-1 y B-3 se ubican en forma paralela las trampas receptoras HR-2257 de Akal-D-1 (18" X 14"), HR-2258 de Akal-I-1 (18" X 14"), HR-2259 receptor de la Plataforma de Nohoch-A-1 (30" X 24"), HR-2260 de Plataforma de Nohoch-A (30" X 24"), equipo pequeño de servicios, paquetes para inyección de químicos PA-2854/PA-2855 y paquetes para inyección de antiespumante PA-2851/PA-2852. (Ver figura 3.2.1)

Cercano al eje B-3 se localiza en la parte inferior del nivel, el tanque de drenaje atmosférico FB-2600.

3.3 PLATAFORMA DE PRODUCCIÓN.

El Complejo Akal "C" cuenta con 3 Plataformas de Producción Akal C-1 (PB-AC-1), Akal C-2 (PB-AC-2) y Akal C-3 (PB-AC-3), las cuales son muy similares en tipo de estructura, función de la plataforma y distribución de equipos de proceso y servicios auxiliares. Con la finalidad de describir con mayor detalle una plataforma de este tipo se tomará como representativa de este Complejo a la Plataforma de Producción Akal C-2 (PB-AC-2), además de estar localizada en forma central y tener interconexión con otras tres plataformas del mismo complejo. (Ver figura 3.0)

La Plataforma de Producción Akal C-2 (PB-AC-2) es una infraestructura fija formada por una subestructura y una superestructura tipo octápodo apoyada sobre la subestructura. La superestructura esta formada por dos niveles o cubiertas donde se localizan los equipos de proceso, turbobombas de transferencia de crudo, separadores de primera y segunda etapa, rectificadores de gas de primera y segunda etapa, válvulas y tuberías, trampa de diablos y equipo de servicios auxiliares, aire de planta e instrumentos, desfogue y quemador elevado, gas combustible, agentes químicos y agua de servicios.

Las cubiertas están soportadas por 8 columnas de 48" de diámetro nominal (D.N.), dispuestas en una matriz de 2 X 4, en el sentido longitudinal mantienen una separación principal entre los ejes 2 y 3 de 12.192 m. (40 pies) y de 13.716 m. (45 pies) en el transversal. La distancia libre entre la cara inferior de las trabes de la cubierta superior y la rejilla de la cubierta inferior es de 4.9 m. (16.076 pies).

La función y operación de la plataforma consiste en; la separación de la mezcla gas-aceite por medio de dos etapas de separación y rectificación del gas, transporte de aceite separado y envío de gas separado para compresión y distribución, así como medición de la producción de aceite y gas separado, respectivamente.

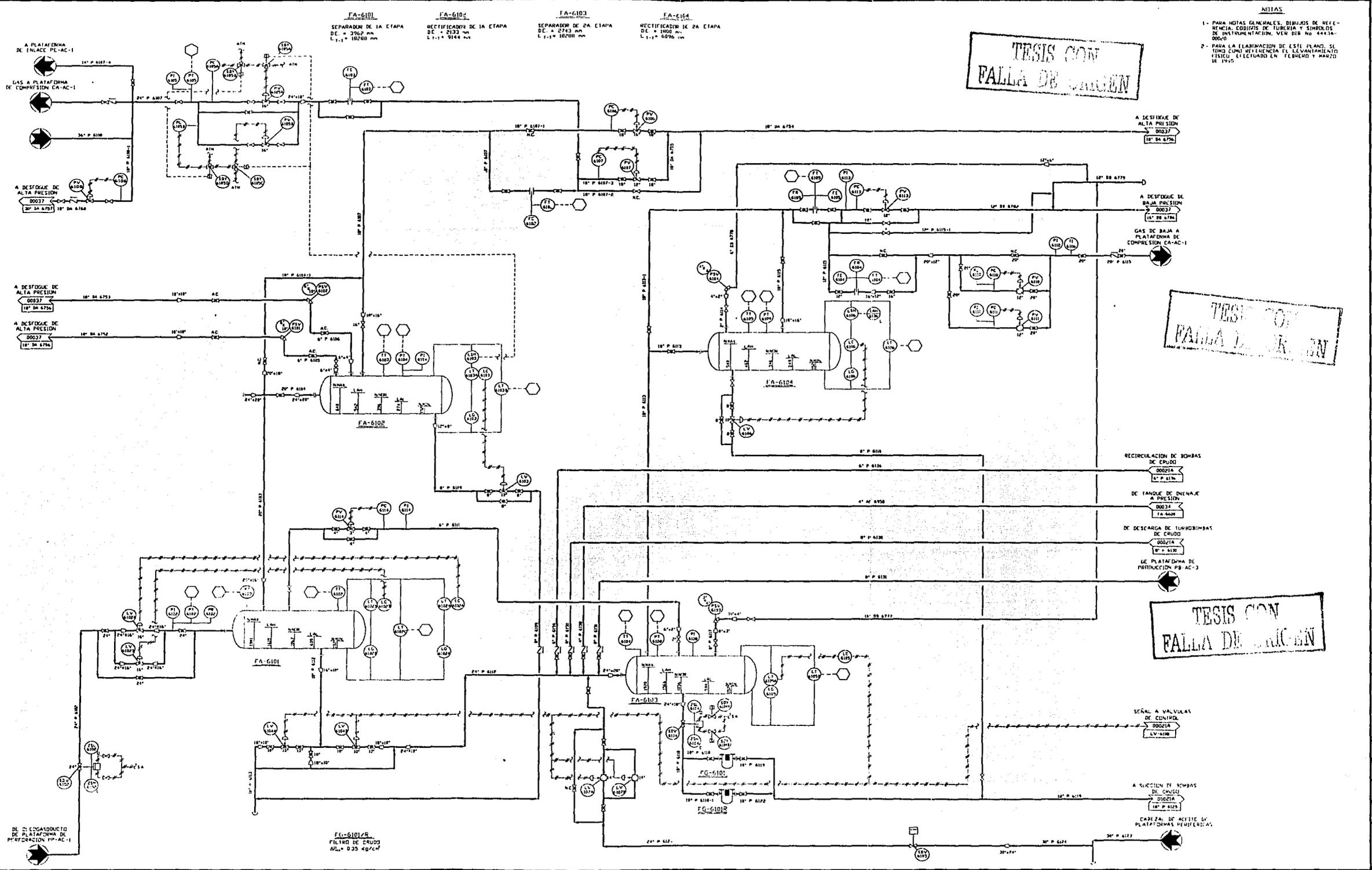
La secuencia de flujo en la sección de separación de mezcla y rectificación de gas localizadas en el segundo nivel de la plataforma, consiste en 2 etapas de separación de acuerdo a lo siguiente; la mezcla de gas-aceite proveniente de las plataformas periféricas se alimenta a control de nivel al separador de la 1ª etapa de separación en alta presión (FA-6101), que opera a 7.7 kg/cm² y 60 °C, equipado con internos y placas vanes, efectuando la mayor parte de la separación gas-aceite. (Ver figura 3.3.1).

- 1- PARA NOTAS GENERALES, DIBUJOS DE REFERENCIA, CODIGOS DE TUBERIA Y SIMBOLOS DE INSTRUMENTACION, VER DIA NO 4443A-00000
- 2- PARA LA ELABORACION DE ESTE PLANO, SE TIENE COMO REFERENCIA EL LEVANTAMIENTO FISICO, EFECTUADO EN FEBRERO Y MARZO DE 1975

TESIS CON FALLA DE CARGON

TESIS CON FALLA DE CARGON

TESIS CON FALLA DE CARGON



DIBUJOS DE REFERENCIA										ESCALA										FECHA										AUTOR										REVISOR										APROBADO										DISEÑADO										CALIFICADO										DIB. NO. L. C. P. AC. 2002										REV. NO.																													
DESCRIPCION										MATERIA										CANTIDAD										UNIDAD										MATERIAL										VALOR										COSTO										TOTAL										OBSERVACIONES										OTROS										COMENTARIOS										REMARKS									

Para asegurar que la corriente gaseosa se entregue libre de líquido, pasa por un rectificador de gas de 1ª etapa (FA-6102) equipado con internos tipo placa de choque y vanes.

El gas rectificado libre de líquido se envía a control de presión al cabezal de gas de alta presión hacia la Plataforma de Compresión, previa medición y monitoreo de flujo. En la misma línea de salida de gas rectificado de 1ª etapa, se tiene un par de válvulas controladoras de presión las cuales mantienen la presión del sistema dentro de valores permisibles, en caso de alguna sobrepresión se envía el gas al desfogue de alta presión, previo paso por el tanque de desfogue de alta presión y quemador elevado de la plataforma correspondiente, localizados en pequeñas estructuras fijas tipo tripodes.

Por otra parte, en el ducto de envío de gas a la Plataforma de Compresión y Enlace se tiene otro control de presión, el cual en caso de sobrepresión en el ducto también envía el gas al sistema de desfogue de alta presión de la Plataforma.

Por su parte los condensados obtenidos del rectificador de 1ª etapa (FA-6102) se envían a control de nivel, para unirse con la corriente de salida de aceite del separador de 1ª etapa (FA-6101), corriente abajo de la válvula de control de nivel.

Siguiendo con la secuencia de flujo la corriente de salida de aceite del separador de 1ª etapa (FA-6101), se alimenta al separador de 2ª etapa de separación (FA-6103) a control de nivel, que opera a 2.0 kg/cm^2 (28 psig) y $50 \text{ }^\circ\text{C}$. El gas separado pasa a un rectificador de gas de la 2ª etapa (FA-6104) donde se separan los condensados formados del gas. (Ver figura 3.3.1).

El gas rectificado de la 2ª etapa se envía a control de presión al cabezal de gas de baja presión hacia la Plataforma de Compresión CA-AC-1, previa medición y monitoreo de flujo. En la misma línea de salida de gas rectificado de 2ª etapa, se tiene una válvula controladora de presión para mantener la presión de operación del rectificador del gas de 2ª etapa (FA-6104), en caso de alguna sobrepresión se envían el gas al desfogue de baja presión, previo paso por el tanque de desfogue de baja presión y quemador elevado de la plataforma, localizados también en las estructuras fijas tipo tripode.

Este gas de baja es enviado a los compresores Axis (3 unidades de 6 MMPCSD), para integrarse al cabezal general de succión de 6.7 kg/cm^2 , el cual corresponde a la succión de los módulos de compresión de alta presión en CA-AC-1 y CA-AC-4.

La corriente de condensados del rectificador de 2ª etapa (FA-6104) se envía a control de nivel, para unirse con la corriente de salida de aceite del separador de 2ª etapa (FA-6103), corriente abajo del sistema de filtración.

La corriente de salida de aceite del separador de 2ª etapa (FA-6103), se envía a la sección de bombeo y medición de aceite localizada en el primer nivel de la plataforma, previo paso por el sistema de filtración tipo canasta de aceite crudo.

La secuencia de flujo en la sección de bombeo y medición de crudo, consiste en lo siguiente; el crudo proveniente de los filtros tipo canasta (FG-6101/R) se integra a un cabezal de succión general, donde succionan las turbobombas de transferencia de crudo (GA-6101 A/B/C/R), las cuales operan normalmente en paralelo con tres unidades en operación manteniendo una de relevo. (Ver figura 3.3.2).

Cada turbobomba (GA-6101 A/B/C/R) en operación normal descarga a un mismo cabezal general, donde se tiene un control de presión por medio de un par de válvulas controladoras de presión, y un paquete de medición de crudo (PA-6101) con medidores tipo turbina.

El flujo de crudo se mide a través del paquete de medición PA-6101 y se monitorea la presión y temperatura previo envío hacia la Plataforma de Enlace, para posteriormente a través de un oleoducto submarino transportarse a tierra.

Las turbobombas (GA-6101 A/B/C/R) tienen una línea y válvula de recirculación individual en caso de bajo nivel en el separador de 2ª etapa (FA-6103) y una recirculación general con arreglo en serie de válvulas de ángulo y reductoras de presión, en caso de sobrepresión de la línea de transporte. Ambas líneas de recirculación se interconectan a la línea de alimentación del separador de 2ª etapa (FA-6103). (Ver figura 3.3.2).

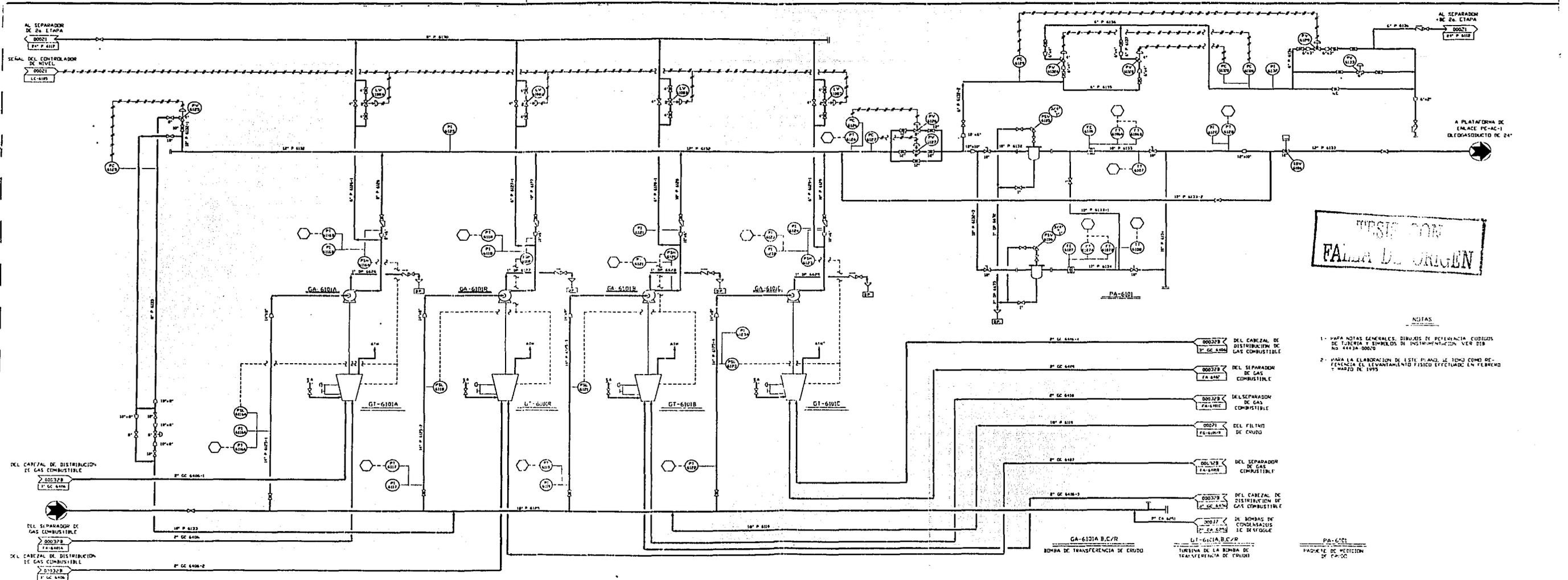
En cuanto a la ubicación de puentes en el primer nivel de la Plataforma de Producción Akal C-2 (PB-AC-2), elevación 18.288 m. sobre el NMM se localizan; al norte dos puentes de interconexión hacia la Plataforma de Enlace (E-AC-1), al sur dos puentes hacia la Plataforma de Producción Akal C-3 (PB-AC-3) y al este un puente que viene de la Plataforma Habitacional (PH-AC-1). (Ver figura 3.3.3).

Con relación al arreglo de equipo en este nivel, se encuentra distribuido en forma paralela en la parte este de la plataforma, entre los ejes B-2 y B-4 las turbobombas de transferencia de crudo GA-6101 A/B/C/R, enfrente cercano al pedestal de la grúa el calentador de gas combustible EA-6400 y junto al eje B-2 el separador de gas combustible FA-6400.

En la parte oeste de la plataforma se localiza el tablero eléctrico, cuarto de baterías, cuarto de control de turbobombas y escalera de acceso al segundo nivel. Por otra parte, en el lado norte cerca de los ejes A-2 y B-1 las bombas de agua contraincendio GA-6001 y GA-6002, respectivamente, compresor de aire GB-6500/R, paquete de secado de aire de instrumentos PA-6500, acumulador de aire de planta FA-6500 e instrumentos FA-6501.

Es importante mencionar que los tanques de desfogue de alta y baja presión FA-6751 y FA-6752, así como las bombas de recuperación de condensados de desfogue asociadas GA-6751/R y GA-6752/R, se encuentran localizadas en un trípode intermedio aproximadamente a 100 metros de la plataforma en los niveles 11.538 y 8.088 metros, respectivamente.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

NOTAS

- 1- PARA NOTAS GENERALES, SIMBROS DE REFERENCIA, CUIDADOS DE LECTURA Y SIMBROS DE INSTRUMENTACION, VER DIB NO 4433A-0002D
- 2- PARA LA ELABORACION DE ESTE PLANO, SE TOMO COMO REFERENCIA EL LEVANTAMIENTO FISICO EFECTUADO EN FEBRERO Y MARZO DE 1995

- 000373 DEL CABEZAL DE DISTRIBUCION DE GAS COMBUSTIBLE
- 000373 DEL SEPARADOR DE GAS COMBUSTIBLE
- 000373 DEL SEPARADOR DE GAS COMBUSTIBLE
- 000373 DEL FILTRO DE CRUDO
- 000373 DEL SEPARADOR DE GAS COMBUSTIBLE
- 000373 DEL CABEZAL DE DISTRIBUCION DE GAS COMBUSTIBLE
- 300377 DE LAS BOMBAS DE CONDENSADOS DE MAFODGE

NO.	PARA OBSERVACION	DESCRIPCION	DIS.	DIR.	VER.	SP.	PA.	FECHA	ELABORADO	REVISADO	APROBADO	FECHA

PETROLEOS MEXICANOS

FACULTAD DE QUIMICA

DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION

FIG. 332 SECCION DE BOMBAS Y MEDICION DE CRUDO

PLATAFORMA DE PRODUCCION PR-AC-2

DIB. NO. PA-PR-AC-2-0002A REV. 1

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Los quemadores elevados asociados a los sistemas de desfogue de alta y baja presión de esta Plataforma de Producción PB-AC-2, quemador No. 4 y No. 3 se localizan en otro trípode aproximadamente a 200 metros hacia el lado oeste de la plataforma.

En el segundo nivel de la plataforma elevación 23.190 m., en el lado este entre los ejes B-3 y B-4, esta ubicado el paquete de medición de crudo PA-6101. Por otra parte, se localizan los equipos asociados a la sección de separación y rectificación, así como equipos de servicios auxiliares de acuerdo a lo siguiente:

Los recipientes horizontales de 1ª y 2ª etapa de separación FA-6101 y FA-6103 se encuentran en sentido transversal formado por los ejes B-4 y A-4, en arreglo estibado un equipo sobre otro, el separador FA-6103 esta en la parte superior nivel 30.665 mts. (Ver figura 3.3.4).

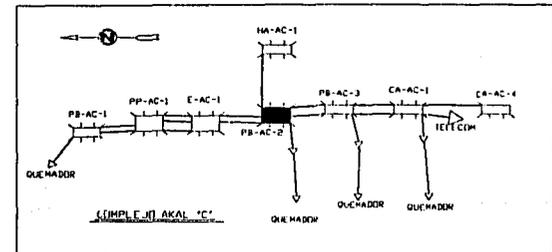
El rectificador de gas de 1ª etapa FA-6102 se localiza transversalmente entre los ejes B-3 y B-4, en el nivel 30.665 mts., paralelo al separador FA-6103. Y el rectificador de gas de 2ª etapa FA-6104 se ubica transversalmente entre los ejes B-3 y A-3 en un nivel superior 32.330 m.

Los equipos de servicios auxiliares, tanques de almacenamiento de diesel sucio y diesel limpio FB-6800 y FB-6801, se localizan al centro del eje A-3 y B-3, respectivamente. Las bombas de transferencia de diesel GA-6800 A/B y centrifugadoras de diesel GF-6800 A/B están distribuidas en serie en forma transversal entre los ejes B-3 y A-3.

Por último, en la parte norte de la plataforma se encuentra una caseta, escaleras de acceso al nivel 23.190 m., así como el cuarto de turbogeneradores de energía eléctrica.



TESIS CON FALLA DE ORIGEN



NOTAS
 1- EQUIPO LOCALIZADO EN EL NIVEL + 32.530 MSL
 2- EQUIPO LOCALIZADO EN EL NIVEL + 30.675 MSL

CLAVE	DESCRIPCION	CARACTERISTICAS
FA-6001	SEPARADOR DE LA ETAPA	Ø = 1900 mm x 14120 mm
FA-6101	RECTIFICADOR DE LA ETAPA	Ø = 2172 mm x 14120 mm
FA-6102	SEPARADOR DE LA ETAPA O TANQUE DE BALANCE	Ø = 2728 mm x 14120 mm
FA-6103	RECTIFICADOR DE LA ETAPA	Ø = 1828 mm x 14120 mm
FB-6800	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE DIESEL LÍQUIDO	Ø = 1877 mm x 14120 mm
FB-6801	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE DIESEL LÍQUIDO	Ø = 1877 mm x 14120 mm
CA-6800 A/B	BOMBA DE TRANSFERENCIA DE DIESEL	Ø = 827 mm x 14120 mm
CF-6800 A/B	CENTRÍFUGA DE DIESEL	Ø = 827 mm x 14120 mm
PA-6101	PANOTE DE MEDICION DE CRUDA	

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

DIBUJOS DE REFERENCIA		PARA INFORMAR DE COMO ESTA CONSIDERADO		DESCRIPCION		DISEÑADO	REVISADO	APROBADO	FECHA	PEMEX EXPLORACION Y PRODUCCION SECCION MARINA NOROCCIDENTAL		FACULTAD DE QUIMICA PLANO DE LOCALIZACION DE EQUIPOS FIG. 3.34 PLATAFORMA DE DIRECCION 100000 2do NIVEL (ELEV. +3190 MSL)	DIB. NO. E PR-AC-2-002.0
-----------------------	--	--	--	-------------	--	----------	----------	----------	-------	--	--	--	-----------------------------

413

3.4 PLATAFORMA DE COMPRESIÓN.

El Complejo Akal "C" cuenta con 3 Plataformas de Compresión CA-AC-1, CA-AC-2 y CA-AC-4, las cuales son similares en tipo de estructura, función de la plataforma y distribución de equipos de proceso y servicios auxiliares. Con el objeto de describir con mayor profundidad una plataforma de este tipo y delimitar el alcance relacionado específicamente con el análisis y diseño de los sistemas de desfogue en plataformas de esta naturaleza para eficientizar la operación, se tomará como representativa de este Complejo a la Plataforma de Compresión Akal C-4 (CA-AC-4). (Ver figura 3.0).

La Plataforma de Compresión Akal C-4 (CA-AC-4) es una infraestructura fija formada por una subestructura y una superestructura tipo decápodo apoyada sobre la subestructura. La superestructura esta formada por cuatro niveles o cubiertas donde se localizan los equipos de proceso, separadores de succión, separadores interetapa, separadores de descarga, turbocompresores de alta y baja presión, enfriadores de gas de 1^a, 2^a y 3^a etapa de compresión, recipientes recuperadores de condensados, válvulas, tuberías y accesorios, así como equipo de servicios auxiliares, aire de planta e instrumentos, sistema de acondicionamiento de gas combustible, agentes químicos, desfogue, agua de servicios, agua contraincendio y cuarto de turbogeneradores de energía eléctrica.

Las cubiertas están soportadas por 10 columnas de 48" de diámetro nominal (D.N.), dispuestas en una matriz de 2 X 5, en el sentido longitudinal mantienen una separación principal entre los ejes 1, 2, 3 y 4 de 12.192 m. (40 pies) y de 13.716 m. (45 pies) en el transversal. La distancia libre entre cubiertas de cada nivel es en promedio 8.3 m. (27.2 pies).

La función y operación de la plataforma consiste en; la compresión y enfriamiento de gas de baja para integración a la succión del gas de alta presión, acondicionamiento de gas combustible, compresión y enfriamiento de gas de alta presión, recuperación de condensados formados en las etapas de compresión, medición, distribución, acondicionamiento y envío de gas de alta presión a tierra y otras instalaciones marinas.

Es conveniente indicar que se tienen 2 módulos de compresión de baja presión operando en paralelo, el módulo "A" y el módulo "B". Y que cada módulo tiene dos cuerpos de compresión en paralelo.

La secuencia del proceso en el módulo de compresión "A" de gas de baja consiste en lo siguiente; se recibe aproximadamente un total de 220 MMPCSD de gas de baja de la Plataforma de Compresión Akal C-1 (CA-AC-1), a través del cabezal general de succión Booster, enviándose 110 MMPCSD a 3.04 kg/cm². (abs.) y 48.89 °C, al recipiente horizontal de succión FG-4203A, equipado con filtros coalescedores para separar partículas sólidas o líquidas muy pequeñas, ya sea que se hubieran formado por la adición de inhibidor de asfaltenos o no se hubieran separado adecuadamente en los equipos de separación previos. (Ver figura 3.4.1).

El condensado obtenido del FG-4203A se envía a control de nivel al cabezal de condensados de baja presión.

El gas amargo libre de líquido, se envía en corriente dividida a la succión de los turbocompresores de baja presión GB-4201A y GB-4202A, los cuales manejan cada uno 55 MMPCSD de gas amargo, incrementando la presión hasta 9.52 kg/cm^2 (abs.) y temperatura de $137.9 \text{ }^\circ\text{C}$.

La corriente comprimida pasa a través de los enfriadores de gas de descarga EC-4204A y EC-4205A, donde se disminuye la temperatura hasta $48.9 \text{ }^\circ\text{C}$, dando como resultado una corriente en dos fases, la cual se alimenta al recipiente separador horizontal de descarga FA-4206A, operando a 9.03 kg/cm^2 (abs.), separando los condensados formados por el enfriamiento.

Los condensados del FA-4206A son enviados a control de nivel al cabezal recolector de condensados de presión intermedia.

Sobre la línea de salida de gas corriente arriba de la válvula check y válvula de corte del módulo de compresión, se tiene una línea y válvula de venteo y depresurización de 3" de D.N, la cual se utiliza en caso de una operación anormal o paro del módulo, para integrar el gas al cabezal de desfogue del módulo.

La salida del gas amargo del módulo "A" previa medición y registro de flujo se integra en la misma forma que la del módulo "B", al cabezal de gas de presión intermedia a 8.81 kg/cm^2 (abs.) y $48.7 \text{ }^\circ\text{C}$, manejando un flujo de 216.9 MMPCSD de gas, para posteriormente interconectarse con el cabezal de succión de gas de presión intermedia, proveniente de la Plataforma de Compresión Akal-C1 (CA-AC-1).

El gas de la referida interconexión tiene como función complementar el flujo de gas de presión intermedia requerido por los módulos de compresión de alta presión de esta plataforma (CA-AC-4), o bien proporcionar a éstos la carga total en caso de paro de los módulos de compresión de baja presión.

El complemento de gas será de aproximadamente 74.5 MMPCSD, cuando operen los cuatro módulos de compresión de alta presión de esta Plataforma.

Es conveniente indicar que la presión del gas de baja presión, previo a la alimentación a los módulos de baja "A" y "B", se controla por medio de una válvula de control de presión en cabezal general de succión, la cual envía el gas al cabezal de desfogue de la Plataforma y posteriormente al tanque de desfogue FA-4251.

Con respecto a la sección de alta presión, cabe aclarar que se tienen 4 módulos de compresión de alta presión operando también en paralelo, el módulo "A", "B", "C" y "D", y que cada módulo tiene tres etapas de compresión, con un arreglo tandem de los equipos de compresión accionados con una turbina de gas.

Se recibe un total de 290.5 MMPCSD de gas de presión intermedia, contribución de los compresores de baja presión de los módulos "A" y "B", y de la Plataforma de Compresión Akal C-1, previo paso por el separador de presión intermedia FA-4223.

En la línea de alimentación al FA-4223 se tiene una válvula de control de presión, la cual mantiene la presión de alimentación a los cuatro módulos de alta presión. Esta válvula también envía el gas al cabezal de desfogue de la Plataforma, en caso de alguna perturbación en el cabezal de succión o por alguna sobrepresión en el sistema.

A continuación, se describe la secuencia del proceso en los módulos de compresión de alta presión, considerando como representativo el módulo "A" de gas de alta presión; sin embargo aplica en la misma forma a los módulos restantes. Se envía a al módulo "A" un flujo de gas 72.63 MMPCSD a 6.03 kg/cm^2 (abs.) y $48.9 \text{ }^\circ\text{C}$, pasando por el recipiente horizontal de succión FG-4213A, equipado con filtros coalescedores para separar partículas líquidas muy pequeñas. (Ver figura 3.4.2).

El condensado obtenido del FG-4213A se envía a control de nivel al cabezal de condensados de presión intermedia y posteriormente al cabezal general recolector hacia la Plataforma de Compresión Akal C-1 (CA-AC-1).

El gas amargo, se envía a la succión del turbocompresor de alta presión GB-4210A, el cual maneja en la 1ª etapa 72.6 MMPCSD de gas amargo, incrementando la presión hasta 15.04 kg/cm^2 (abs.) y temperatura de $113.9 \text{ }^\circ\text{C}$.

La corriente de gas comprimida pasa a través del enfriador de descarga EC-4214A, donde se disminuye la temperatura hasta $48.9 \text{ }^\circ\text{C}$, dando como resultado una corriente en dos fases, la cual se alimenta al recipiente separador horizontal de descarga de la 1ª etapa FA-4215A, operando a 14.34 kg/cm^2 (abs.) separando los condensados formados por el enfriamiento.

Los condensados del FA-4215A son enviados a control de nivel al cabezal recolector de condensados de presión intermedia y posteriormente al separador de condensados FA-4252.

El gas amargo, se envía a la succión del turbocompresor de alta presión GB-4211A, el cual maneja en la 2ª etapa 70.3 MMPCSD de gas amargo, incrementando la presión hasta 33.29 kg/cm^2 (abs.) y temperatura de $110.8 \text{ }^\circ\text{C}$.

La corriente de gas comprimida en 2ª etapa pasa a través del enfriador de descarga EC-4216A, donde se disminuye la temperatura hasta $48.9 \text{ }^\circ\text{C}$, dando como resultado una corriente en dos fases, la cual se alimenta al recipiente separador horizontal de descarga de la 2ª etapa FA-4217A, operando a 32.59 kg/cm^2 (abs.) separando los condensados formados por el enfriamiento.

Los condensados del FA-4217A son enviados a control de nivel al cabezal recolector de condensados de presión intermedia y posteriormente al separador de condensados FA-4252.

El gas amargo, se envía a la succión del turbocompresor de alta presión GB-4212A, el cual maneja en la 3ª etapa 68.54 MMPCSD de gas amargo, incrementando la presión hasta 77.36 kg/cm² (abs.) y temperatura de 119.7 °C.

Finalmente, la corriente de gas comprimida en 3ª etapa pasa a través del enfriador de descarga EC-4218A, donde se abate la temperatura nuevamente hasta 48.9 °C, obteniéndose una corriente en dos fases, la cual se alimenta al recipiente separador horizontal de descarga FA-4219A, operando a 76.66 kg/cm² (abs.) separando los condensados formados por el enfriamiento.

Los condensados del FA-4219A son enviados a control de nivel al cabezal recolector de condensados de alta presión y posteriormente al cabezal general recolector hacia la Plataforma de Compresión Akal C-1 (CA-AC-1).

Sobre la línea de salida de gas corriente arriba de la válvula check y válvula de corte del modulo de compresión se tiene una línea y válvula de venteo y depresurización de 3" de D.N, la cual se utiliza en caso de una operación anormal o paro del módulo, para integrar el gas al cabezal de desfogue del módulo.

La salida del gas amargo de alta presión del módulo "A" previa medición y registro de flujo se integra en la misma forma que los otros módulos "B", "C" y "D" al cabezal recolector de gas de alta presión a 76.66 kg/cm² (abs.) y 48.8 °C, manejando un flujo de 271.17 MMPCSD, para posteriormente integrarse con el cabezal general de gas de alta presión hacia/desde la Plataforma de Compresión Akal-C1 (CA-AC-1).

Previo a la integración al cabezal general de gas de alta presión hacia la Plataforma de Compresión CA-AC-1, en la misma línea de salida de gas de alta, se tiene una válvula controladora de presión para mantener la presión de descarga de módulos, en caso de alguna sobrepresión se envían el gas al cabezal de desfogue de la Plataforma.

Cabe hacer la aclaración que en el diseño original de esta plataforma no se contemplo un quemador elevado propio, sino que se aprovechara la infraestructura existente del quemador No. 7 de la Plataforma de Compresión CA-AC-1.

De esta manera, queda descrito en forma general el manejo de gas amargo en la Plataforma de Compresión Akal C-4 (CA-AC-4) y su interrelación con las otras plataformas del Complejo.

En cuanto a la ubicación de puentes en el primer nivel de la Plataforma de Compresión Akal C-4 (CA-AC-4), elevación 19.100 mts sobre el NMM se localizan;

al este un puente de interconexión hacia la Plataforma de Compresión CA-AC-1 y al sur un puente hacia la Plataforma de Compresión Akal C-2 (CA-AC-2). (Ver figura 3.4.3).

Con relación al arreglo de equipo en el primer nivel, se encuentra distribuido en forma paralela cercano a los ejes B-2 y B-1 el separador de baja presión FA-4222, y cercano al eje B-4 el separador de presión intermedia FA-4223, en la parte este de la plataforma entre los ejes B-3 y B-4 el separador de condensados FA-4252 y bombas booster de condensados GA-4259/GA-4260, entre los ejes B-5 y B-4 las bombas de condensados GA-4255/GA-4256. El sistema de aire de planta e instrumentos, compresor, acumuladores de aire y paquete de secado, se ubica entre ejes B-2 y B-1.

En la parte central cercano al eje B-2 las bombas de agua contraincendio GA-4040A/B y cercanas al eje B-3 las bombas jockey GA-4041A/B, así como el paquete de inyección de químicos.

El tanque de desfogue FA-4251 diseñado por SOLAR y bombas de condensados GA-4253/GA-4254, se localizan cercanos al eje A-1.

En la parte oeste de la plataforma se localizan los otros equipos de servicios auxiliares; entre los ejes A-5 y A-3 los turbogeneradores de energía eléctrica, entre los ejes B-3 y B-2 un cuarto de control y en la esquina formada por los ejes A-2 y A-1 los patines de acondicionamiento y distribución de gas combustible.

En el segundo nivel de la plataforma elevación 27.938 m., orientados hacia el lado norte-este entre los ejes B-2 y B-1, en arreglo paralelo se ubican los filtros separadores de succión FG-4203A/B y separador de descarga FA-4206A/B de los dos módulos de compresión "A" y "B" de baja presión. (Ver figura 3.4.4).

En forma similar en el mismo nivel orientados hacia el lado sur-este entre los ejes B-2 y B-5, en arreglo paralelo se ubican los filtros separadores de succión FG-4213A/B/C/D, separador de descarga de la 1ª etapa FA-4215A/B/C/D, separador de descarga de la 2ª etapa FA-4217A/B/C/D, separador de descarga FA-4219A/B/C/D de los cuatro módulos de compresión de alta presión "A", "B", "C" y "D", respectivamente. (Ver figura 3.4.4).

En forma simétrica pero en el tercer nivel elevación 35.149 m., justo encima de los separadores de succión FG-4203A/B y descarga FA-4206A/B, orientados hacia el lado norte-este entre los ejes B-2 y B-1, en arreglo paralelo se localizan los compresores GB-4201A/B y GB-4202A/B de los dos módulos de compresión "A" y "B" de baja presión.

También en el mismo nivel orientados hacia el lado sur-este entre los ejes B-2 y B-5, arriba de los separadores de succión y descarga, en arreglo paralelo y tandem se ubican los compresores GB-4210A/B/C/D, GB-4211A/B/C/D y GB-4212A/B/C/D de los cuatro módulos de compresión de alta presión "A", "B", "C" y "D", respectivamente. Así como los accionadores tipo turbina de gas GT-4221A/B/C/D asociadas a cada uno de los módulos de compresión de alta presión.

Por último, en el cuarto nivel elevación 43.988 m., correspondiente a la parte superior de la plataforma se localizan los enfriadores de gas tipo soloaire, distribuidos de la siguiente forma: orientados hacia el lado norte-este entre los ejes B-2 y B-1, en arreglo paralelo se localizan los enfriadores de gas de descarga EC-4204A/B, EC-4205A/B y enfriadores de aceite de lubricación EC-4207A/B de los dos módulos de compresión "A" y "B" de baja presión. (Ver figura 3.4.5).

En el mismo nivel orientados hacia el lado sur entre los ejes A-2/B-2 y A-5/B-5, en arreglo paralelo y serie se ubican los enfriadores de gas de descarga de la 1ª etapa EC-4214 A/B/C/D, enfriadores de gas de descarga de la 2ª etapa EC-4216 A/B/C/D, enfriador de gas de descarga EC-4218 A/B/C/D y enfriadores de aceite de lubricación EC-4220A/B/C/D de los cuatro módulos de compresión de alta presión "A", "B", "C" y "D", respectivamente.

3.5 PLATAFORMA DE PROCESO.

El Complejo Akal "C" cuenta con 1 Plataforma de Proceso Akal C-3 (CA-AC-3), esta localizada en el extremo sur y tiene interconexión con la Plataforma de Compresión Akal C-2 (CA-AC-2), el tipo de estructura, función de la plataforma y distribución de equipos de proceso y servicios auxiliares se describe en forma general a continuación. (Ver figura 3.0).

La Plataforma de Proceso Akal C-3 (CA-AC-3) es una estructura tipo octápodo. La superestructura esta formada por tres niveles o cubiertas donde se localizan los equipos de proceso y servicios auxiliares.

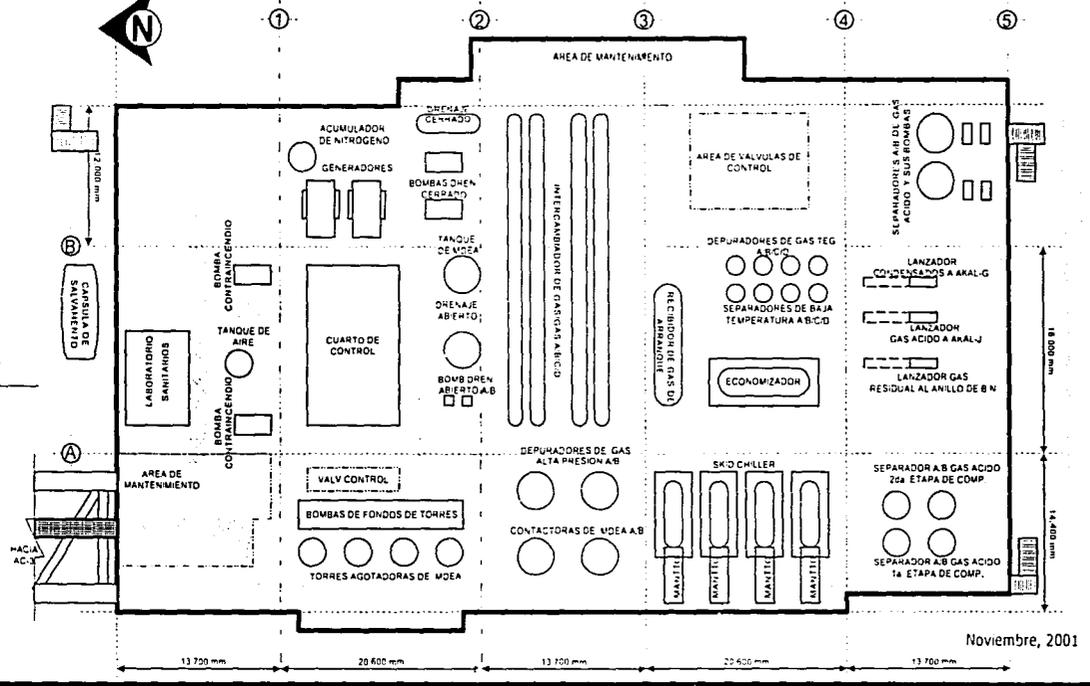
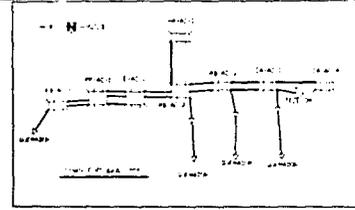
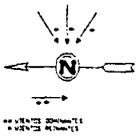
Las funciones principales y operación de la plataforma consiste en; endulzamiento de gas utilizando metil dietanolamina (MDEA) con dos plantas de 450 MMPCSD, sistema de refrigeración y secado de gas empleando propano con una capacidad de 1,000 MMPCSD, dos unidades de compresión de gas ácido con una capacidad de 37.6 MMPCSD por cada módulo de compresión.

En cuanto a la ubicación en el primer nivel de la Plataforma de Proceso Akal C-3 (CA-AC-3), elevación 19.100 mts sobre el NMM se localiza; al norte un puente de interconexión hacia la Plataforma de Compresión (CA-AC-2). (Ver figura 3.0).

Con relación al arreglo de equipo en este nivel, se encuentra distribuido de la siguiente forma: en la parte sur entre los ejes A-4/A-5 y B-4/B-5 los lanzadores de condensados a Akal-G, gas ácido hacia Akal-J y gas residual al anillo de bombeo neumático. En la parte exterior del eje B-4 y B-5 se encuentran los separadores de gas ácido y sus bombas y en la parte exterior del eje A-4 y A-5 los separadores de gas ácido de la 1ª y 2ª etapa de compresión. (Ver figura 3.5.1)

De la sección de endulzamiento de gas, las torres agotadoras de MDEA, las bombas de fondos de torres, contactoras de MDEA, los depuradores de gas de alta presión se ubican en la parte oeste entre los ejes A-1 y A-3, y el tanque de MDEA se localiza cercano al eje B-2.

De la sección de deshidratación de gas, los intercambiadores de gas/gas en arreglo paralelo se localizan entre los ejes B-2 y B-3. Los depuradores de gas de trietilen glicol (TEG) se ubican entre los ejes A-3 y A-4.



Noviembre, 2001

VALVULA DE CORTADO
 PROPIA MIA

SC

DIBUJOS DE REFERENCIA		DESCRIPCION		Escala		FECHA		AUTOR		REVISOR		FACULTAD DE QUIMICA PLAN DE LA FACULTAD DE QUIMICA, N. 6000 C/ 304, A. C. MONTES DE MOQUEL PUEBLO NOVO, SECTOR 15000 0101	
													A 1:100 15/11/01 03 No E 24-17-3-00004 REV 1

En lo que respecta a la sección de enfriamiento y refrigeración, los patines de los "chiller" se encuentran en la parte oeste entre los ejes A-3 y A-4, los separadores de baja temperatura en arreglo paralelo al eje B-3 y B-4, y el economizador entre estos últimos equipos.

Con relación a equipos de servicios auxiliares, en la parte norte de la plataforma se localizan los siguientes equipos: dos bombas de agua contraincendio cercanas a los ejes B-1 y A-1, tanque acumulador de aire, acumulador de nitrógeno, generadores, así como laboratorio y cuarto de control.

En el segundo nivel de la plataforma elevación 34.200 m., en la parte sur con arreglo en paralelo se encuentran los compresores de gas ácido, compresores del sistema de refrigeración y frente a estos equipos hacia el oeste los tanques de succión de refrigerante. (Ver figura 3.5.2).

Entre los ejes B-2/A-2 y B-3/A-3, desde el lado este se localizan las bombas, tanque y filtro de aceite de calentamiento, así como los separadores de gas amargo de alta presión.

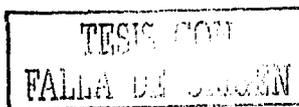
Siguiendo entre los ejes B-1/A-1 y B-2/A-2, desde el lado este a oeste están distribuidas las bombas, tanques flash y calentadores de MDEA.

Por último en la parte norte de la plataforma se localizan separadores y bombas de reflujo de MDEA, tanques de MDEA y filtro de gas combustible.

En arreglos simétricos pero en el tercer nivel elevación 35.149 m., encima de los compresores se tiene la cubierta para ubicación de los distintos enfriadores de gas tipo soloaires, asociados con los sistemas de compresión, endulzamiento, deshidratación y refrigeración de gas.

Es conveniente indicar que por diseño original la plataforma cuenta con su propio sistema de desfogue, tanque de desfogue y quemador elevado para una capacidad de diseño normal de 650 MMPCSD, el tanque se encuentra localizado en un tetrapódo intermedio aproximadamente a 200 metros y el quemador sobre un tripode a 250 metros de la plataforma aproximadamente.

La capacidad de este sistema de desfogue considera los requerimientos de desfogue de la Plataforma de Compresión CA-AC-3.



3.6 PLATAFORMA HABITACIONAL.

El Complejo Akal "C" cuenta con 2 Plataformas Habitacionales Akal C-1 (HA-AC-1) y Akal C-2 (HA-AC-2), las cuales son muy similares en tipo de estructura, función de la plataforma y distribución de algunos equipos de servicios auxiliares. Con objeto de describir en forma genérica una plataforma de este tipo se tomará como representativa de este Complejo a la Plataforma Habitacional Akal C-1 (HA-AC-1). (Ver figura 3.0).

La Plataforma Habitacional Akal C-1 (HA-AC-1) es una infraestructura tipo octápodo. La superestructura esta formada por varios niveles donde se localizan en forma distribuida los equipos de servicios auxiliares requeridos para la seguridad y salvamento, comunicación, hospedaje, lavado de ropa, alimentación, entretenimiento y recreación, gimnasio, servicio médico, etc., del personal que labora en las distintas plataformas que integran el complejo.

La función principal de la plataforma es otorgar la asistencia habitacional que requieren los trabajadores de las diferentes instalaciones del complejo, esta infraestructura puede albergar 127 personas, aunque requerimientos actuales demandan diseños para albergar hasta 180 personas.

Como punto adicional, asociado al Complejo Akal "C", se tiene localizado un trípode al sur de la Plataforma de Compresión Akal C-1 (CA-AC-1), el cual tiene la infraestructura y sistemas de telecomunicaciones requerida para mantener la comunicación entre cada instalación, así como entre estas y tierra.

El sistema de telecomunicaciones también efectúa el control y supervisión del tráfico marino, estableciendo en forma permanente la salvaguarda que las instalaciones requieren.

CAPITULO IV

4.0 ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS CENTRÍFUGOS DE COMPRESIÓN DE GAS.

En este capítulo se hace una síntesis de los aspectos más relevantes de la termodinámica de compresión y se analizan en forma particular los compresores del tipo centrífugo, sus componentes principales, tipos de sellos y función, algunos puntos relevantes del diseño básico, sistemas críticos para la operación entre los cuales están el sistema de sellado y sistema de lubricación, así como tipo de control y filosofía de paro de emergencia, con un enfoque hacia sistemas de compresión de gas costa fuera.

4.1 TERMODINÁMICA DE COMPRESIÓN ¹⁹.

La cantidad teórica de energía necesaria para comprimir una cantidad de gas determinada entre las condiciones de succión y descarga específicas, es independiente de la unidad de compresión. La cantidad real de energía depende de la eficiencia del compresor y su accionador.

La ecuación termodinámica básica se escribe como:

$$\Delta H = \int V dP = -W \text{ teórico} \quad (4.1.1)$$

sobre la base de que el proceso es reversible ($S_1 = S_2$) y adiabático ($Q = 0$). La palabra teórico significa que son las consideraciones usadas.

El error en estas consideraciones es corregido por una eficiencia global representada por el símbolo "E".

$$W \text{ real} = \frac{W \text{ teórico}}{E} \quad (4.1.2)$$

El valor de "E" es usado como un decimal en la ecuación 4.1.2, aunque se expresa frecuentemente como un porcentaje. Esto incluye el efecto de la eficiencia termodinámica (isentrópica) y la eficiencia mecánica. La eficiencia mecánica se refiere solo a la fricción y otras pérdidas mecánicas, incluyendo aquellas en algunas válvulas.

Otra eficiencia, llamada eficiencia politrópica se usa algunas veces en lugar de una eficiencia isentrópica.

Las eficiencias del compresor varían con el tipo de compresor, tamaño y gasto. Estas solo pueden ser determinadas por pruebas del compresor, aunque los fabricantes de compresores pueden usualmente proporcionar buenos estimados. Para propósitos

de cálculos preliminares en compresores centrífugos los valores de eficiencia 0.65-0.78 pueden usarse.

Los valores de arriba representan eficiencias globales, las cuales incluyen pérdidas mecánicas (cojinetes, sellos, caja de engranes, etc.). La eficiencia mecánica varía con el tamaño y tipo de compresor pero 95% es un número útil para cálculos preliminares.

$$(\text{Eficiencia global}) = (\text{Eficiencia isentrópica}) \times (\text{Eficiencia mecánica}).$$

4.1.1 COMPRESIÓN ADIABÁTICA.

Generalmente los compresores centrífugos no son enfriados y la compresión sería adiabática (reversible-isentrópica), solo si esta fuera en un lugar con 100 por ciento de eficiencia. Es decir, el flujo de calor no toma lugar y no habría cambio de entropía, es decir el calor no es transferido de o hacia el gas durante la operación de compresión.

Este análisis, como una teoría exacta, es valida solo para relación de presión infinitesimal o es una aproximación aceptable para relaciones de presión pequeñas. Sin embargo, en la práctica un incremento en la temperatura del gas acompaña a la compresión.

4.1.2 COMPRESIÓN ISOTÉRMICA.

La compresión isotérmica puede ser concebida como una compresión adiabática hecha en un gran número de pasos infinitesimales con enfriamiento después de cada paso de compresión, para conservar una temperatura del gas constante. Los compresores centrífugos no pueden ser diseñados para dar cierta compresión isotérmica, pero para aproximarse a esto, los equipos han sido construidos con varias etapas de interenfriamiento y diafragma de enfriamiento.

Este proceso en la realidad no se lleva a cabo en unidades comerciales.

4.1.3 COMPRESIÓN POLITRÓPICA.

Porque los compresores, usualmente tienen más de una etapa de compresión y no una relación de compresión extremadamente baja, la compresión real de un gas en un compresor centrífugo no enfriado se considera politrópica, con un valor constante del coeficiente politrópico (n) mayor que el adiabático para gases ideales (k) o coeficiente adiabático para gases reales (γ).

La compresión es realmente irreversible debido a la fricción del gas, turbulencia, convección o radiación. Estas pérdidas tienen un efecto de calentamiento (pérdidas de calor) y requieren trabajo adicional.

4.2 COMPRESORES CENTRÍFUGOS ²⁰.

Los compresores centrífugos son bien conocidos para la compresión de gases y vapores. Estos han demostrado su economía y singularidad en muchas aplicaciones, particularmente donde se manejan grandes volúmenes a presiones medias.

Este compresor es particularmente adaptable a turbinas de vapor u otros accionadores de velocidad continua, con los dos principios de operación y control son completamente compatibles. Éste también se adapta a motores eléctricos, máquinas de gas y turbinas de gas como en el caso de plataformas marinas, sin embargo con cada instalación es específico para un problema particular o proceso. La instalación, así como los costos de operación y mantenimiento pueden ser completamente razonables.

4.3 CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO BÁSICO.

Los compresores centrífugos son máquinas dinámicas, donde la compresión se lleva a cabo por la aplicación de fuerzas directamente sobre el gas, por medio de los alabes del impulsor. En estas unidades, el gas entra en el ojo del impulsor en dirección axial, inmediatamente el flujo es guiado y cambia a una dirección radial, siendo acelerado hacia la periferia del impulsor. Al salir del impulsor, el flujo es desacelerado en la sección del difusor, donde cambia la energía cinética del gas (velocidad) por energía estática (presión). La carcasa es estacionaria y las ruedas o impulsores sobre la flecha están rotando por el accionador.

Las unidades son usualmente montadas horizontalmente con la carcasa dividida horizontal para bajas presiones y la carcasa dividida vertical (diseño barril) para altas presiones alrededor de 800 psi.

La velocidad periférica y por tanto la carga desarrollada por etapa, esta limitada por la velocidad acústica, como esto es considerado que la velocidad periférica no deberá exceder la velocidad del sonido en el fluido que esta siendo manejado.

Las características generales más relevantes del diseño básico de los compresores centrífugos para aplicación en la industria del petróleo, química y servicios de gas, se establecen en el API estándar 617 ²¹, y entre las cuales se encuentran las que a continuación se indican:

(a). El compresor incluyendo sus sistemas auxiliares cubierto por el estándar referido, estará diseñado y construido para una vida de servicio mínima de 20 años y al menos 3 años de operación ininterrumpida.

(b). El compresor será diseñado para entregar una carga normal y capacidad normal sin tolerancia negativa, este término se refiere a que no debe proporcionar un valor menor al normal en carga y capacidad. La potencia en la condición de arriba no excederá 104 por ciento del valor nominal.

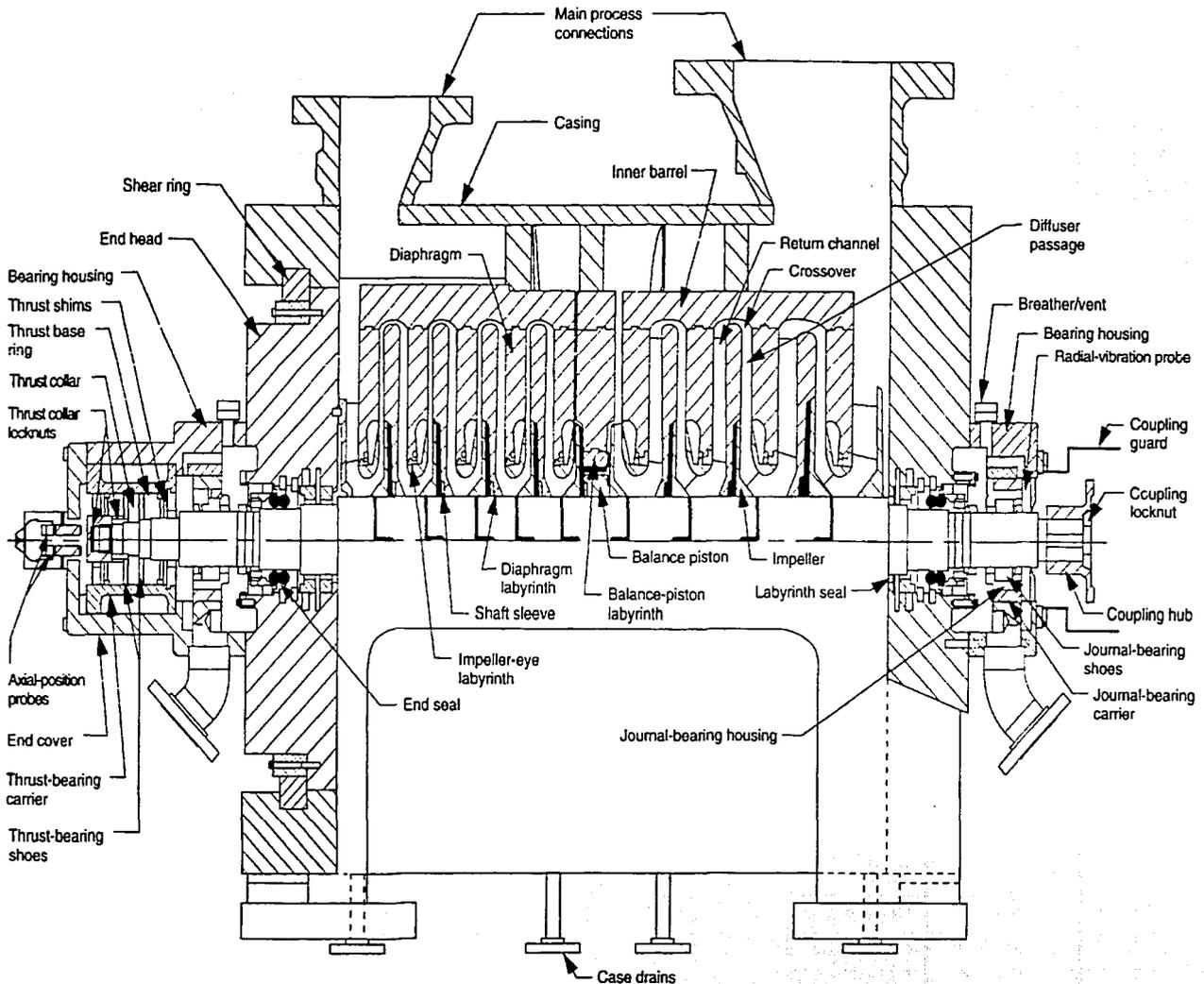
- (c). La curva característica carga-capacidad incrementará continuamente desde el punto de capacidad nominal hasta el "surge" predicho. El compresor, sin el uso de una derivación ("bypass"), será conveniente para operación continua a cualquier capacidad al menos 10 por ciento mayor que la capacidad de surge aproximada predicha.
- (d). El compresor deberá estar equipado con los accesorios para el venteo completo y drenado del sistema.
- (e). El arreglo del equipo, incluyendo la tubería y servicios auxiliares, será definido conjuntamente por el comprador y vendedor. El arreglo deberá considerar áreas libres y acceso seguro para operación y mantenimiento.
- (f). La carcasa interior del compresor con división radial será diseñada para fácil retiro hacia el exterior, y fácil desmontaje para inspección y reemplazo de partes.
- (g). El control del nivel del sonido de todo el equipo suministrado será por medio de una cabina acústica, y un esfuerzo conjunto del comprador y vendedor. El equipo suministrado por el vendedor estará conforme al nivel de presión del sonido máximo permisible especificado.
- (h). El equipo será diseñado para operar sin ocasionar daño hasta la velocidad de disparo y presión de trabajo máxima permisible.
- (i). Muchos factores (tales como condiciones ambientales, cargas de tubería, alineación a condiciones de operación, estructura de soporte, manejo durante el embarque, manejo y ensamble en sitio) pueden afectar adversamente el funcionamiento del equipo en sitio.

4.3.1 CARCASAS.

Cada compresor centrífugo tiene dos partes principales, un impulsor el cual forza el gas hacia un movimiento rotatorio por la acción de las aspas, y la carcasa, la cual dirige el gas al ojo del impulsor y entonces lo conduce fuera del perímetro del impulsor a alta presión.

Para una situación usual las conexiones de entrada y salida del gas pueden ser arregladas en la parte superior o en el fondo, y algunas veces en posición horizontal. (Ver figura 4.3.1).

El espesor de la carcasa será adecuado para el trabajo máximo permisible y presión de prueba, e incluirá al menos 3.175 milímetros (1/8" pulgada) de tolerancia a la corrosión.



Note: Some compressors may use bolted-head construction.

Figura 4.3.1 Arreglo General del Compresor Centrifugo.

64

REVISED BY: [illegible]
 DATE: [illegible]

La presión de trabajo máxima permisible de la carcasa será al menos igual a la presión de ajuste de la válvula de relevo especificada; si el ajuste de la válvula no se especifica, la presión de trabajo máxima permisible será al menos 1.25 veces la presión de descarga manométrica máxima especificada.

Cada carcasa dividida axialmente estará suficientemente rígida para permitir remover y reemplazar su mitad superior, sin disturbio de los espacios libres rotor-carcasa y alineación de chumaceras.

Las carcasas serán hechas de acero para gases inflamables o tóxicos.

Superficies montadas en compresor serán paralelas y tendrán una terminación maquinada de 3.2 micrómetros a 6.4 micrómetros de rugosidad promedio aritmética.

4.3.2 DIAFRAGMAS INTERETAPA Y ALABE GUÍA DE ENTRADA.

Los diafragmas son las separaciones entre las etapas sucesivas del impulsor. Estos forman las paredes del difusor, y el pasaje de retorno para guiar el gas a la entrada del siguiente impulsor. (Ver figura 4.3.1).

Los diafragmas enfriados con agua, son usados para enfriar las superficies del pasaje de metal y de esta manera reducir la temperatura del gas cuando esta pasando a través de la máquina.

Diafragmas interetapa y alabes guía de entrada serán convenientes para todas las condiciones de operación especificadas, incluyendo arranque, paro, disparo y "surge" momentáneo.

Las juntas internas serán diseñadas para minimizar fugas y permitir fácil desensamble.

Laberintos recambiables deberán proporcionarse en todos los puntos de espacio cerrado interno, para minimizar fugas internas. Estos laberintos serán estacionarios y fácilmente reemplazables.

Los diafragmas serán divididos axialmente y serán provistos con hoyos roscados para tornillos o con otros medios para facilitar la remoción.

Si un diafragma de enfriamiento se especifica, las mitades del domo y fondo de los diafragmas divididos axialmente tendrán pasajes de enfriamiento independientes para prevenir fugas a través de la línea de división horizontal.

4.3.3 CONEXIONES EN LA CARCASA.

Todas las conexiones de gas de proceso a la carcasa serán convenientes para la presión de trabajo máxima permisible de la carcasa.

Las conexiones soldadas a la carcasa deben reunir los requerimientos de material de la carcasa, incluyendo valores de impacto, más bien que los requerimientos de la tubería conectada.

(A). CONEXIONES PRINCIPALES DEL PROCESO.

Las conexiones de entrada y salida serán bridadas o maquinadas y atornilladas, orientadas como se especifico en la hoja de datos. Conexiones de entrada y salida para compresores tipo barril serán localizadas en la carcasa exterior, no en el final de la tapa.

Las bridas deberán ser de acuerdo al ASME B16.1, B16.5 o B16.42. Las bridas de acero más grandes de 24" estarán de acuerdo al API estándar 605 o MSS SP-44.

Las bridas que son de mayor espesor o tienen el diámetro exterior mayor que el requerido por ASME B16.5, estarán de acuerdo al API estándar 605 o MSS SP-44.

La concetricidad del círculo de pernos y el orificio de todas las bridas de la carcasa, será tal que el área de la superficie maquinada del asiento del empaque sea adecuado, para acomodar un empaque estándar completo sin protuberancia del empaque hacia el flujo del fluido.

El acabado de todas las bridas y boquillas será conforme al ASME B16.1, B16.5 o B16.42 como sea aplicable al material provisto, incluyendo los requerimientos de rugosidad del acabado.

(B). CONEXIONES AUXILIARES.

Las conexiones auxiliares pueden incluir pero no están limitadas a aquellas para venteos, inyección de líquido, drenes, agua de enfriamiento, aceite de sello y aceite de lubricación, limpieza, gas buffer y balance de la cavidad del pistón.

Para carcasas divididas axialmente, el vendedor suministrará conexiones para drenado completo de todos los pasajes de gas.

Las bridas deberán ser conforme al ASME B16.5.

Las conexiones auxiliares serán al menos de $\frac{3}{4}$ " de pulgada tamaño nominal de tubo y serán de boquilla soldada y bridada, o maquinada y atornillada.

Donde una boquilla soldada y bridada o aperturas maquinadas y atornilladas no puedan proveerse, aperturas roscadas en tamaños de $\frac{3}{4}$ " hasta 1 $\frac{1}{2}$ " de tamaño nominal de tubo son permisibles con la aprobación del comprador.

Las conexiones roscadas serán selladas con soldadura, sin embargo, el sello soldado no esta permitido en equipo de fierro colado, para conexiones de

instrumento, o donde desensamble se requiera para mantenimiento. Las juntas de sello soldadas estarán de acuerdo con el ASME B31.3

4.3.4 ELEMENTOS GIRATORIOS.

Los elementos giratorios principales son la flecha y el impulsor. La flecha y el impulsor ensamblados constituyen el rotor, el cual esta asentado en la carcasa.

Las flechas serán hechas de una sola pieza, de acero con tratamiento térmico que sea conveniente para maquinado.

La terminación de la flecha para acoplamiento estará conforme al API estándar 671.

A menos que otra protección de flecha sea aprobada por el comprador, camisas de flecha recambiables deberán suministrarse en los puntos de espacio cerrado interetapa, bajo todo el empaque de anillo de carbón y sellos de flecha para servicio de gas.

Las camisas serán hechas de material que sea resistente a la corrosión para el servicio especificado.

El diseño del ensamble flecha-camisa-impulsor no debe crear distorsión temporal o permanente del rotor ensamblado. El método de unir el impulsor será adecuado manteniendo la concentricidad y balance bajo todas las condiciones de operación especificadas, incluyendo la sobrevelocidad.

Las áreas sensibles del rotor serán monitoreadas por probeta de vibración-radial, y será concéntrica con la chumacera.

Los impulsores deben ser cerrados, consistiendo de un disco, alabes y una cubierta, o semiabiertos, consistiendo de un disco y alabes. Estos serán soldados, remachados, acuñados o construcción de caja. Cada impulsor será marcado con un número de identificación único.

Los impulsores serán tratados térmicamente y relevados de esfuerzo después de soldarlos. Los alabes de entrada y salida no tendrán soporte de cuña.

4.3.5 COJINETES Y CAJAS DE COJINETE.

Cojinetes de empuje y radiales deben ser de tipo hidrodinámico a menos que aprobación específica para lo contrario se obtenga por el comprador.

A menos que otra cosa sea especificada, los cojinetes de empuje y cojinetes radiales serán equipados con sensores de temperatura metal-cojinete de acuerdo con API estándar 670.

La camisa o tableta de los cojinetes radiales será usada y estará dividida para fácil ensamble. Los cojinetes estarán equipados con pasadores anti-rotación y serán asegurados positivamente en la dirección axial.

El diseño de los cojinetes suprimirá inestabilidades hidrodinámicas y proporcionará suficiente amortiguamiento sobre el rango entero de espacios permisibles en el cojinete, para limitar la vibración del rotor a las amplitudes máximas especificadas, mientras el equipo esta operando cargado o descargado, incluyendo cualquier frecuencia crítica dentro del rango de velocidad de operación especificada.

Los forros, zapatas o apoyos estarán en alojamientos divididos axialmente y serán reemplazables. La remoción de la mitad superior de la carcasa de una máquina dividida axialmente o el cabezal de una unidad dividida radialmente no será requerido para reemplazar estos elementos.

Los cojinetes de empuje hidrodinámico serán de acero respaldados con segmentos múltiples de metal "babbit" (antifricción) diseñados para igual capacidad de empuje en ambas direcciones y arreglados para lubricación presurizada continua sobre cada lado.

Los cojinetes de empuje serán dimensionados para operación continua bajo la condición de operación más adversa especificada. Y serán arreglados para permitir el posicionamiento axial de cada rotor relativo a la carcasa.

Compresores usando guardas de acoplamiento semi-cerrado, tendrán cajas de cojinete equipado con sellos laberinto reemplazables y deflectores donde la flecha pase a través de la caja, los sellos de borde no serán usados.

Las cajas de cojinetes para cojinetes hidrodinámicamente lubricados a presión serán arregladas para minimizar formación de espuma. El sistema de drene será adecuado para mantener el nivel de aceite y espuma debajo de los sellos de la flecha.

El incremento de la temperatura a través del cojinete y cajas no excederá 28 °C (50 °F) bajo las condiciones de operación más adversas especificadas. La temperatura del aceite de salida del cojinete no excederá 82 °C (180 °F). Cuando la temperatura del aceite de entrada excede 49 °C (120 °F), consideración especial se dará al diseño del cojinete, flujo de aceite e incremento de temperatura permisible.

Dos probetas de vibración radial montadas en cada caja de cojinete, dos probetas de posición axial al final del empuje de cada máquina y una probeta para las revoluciones por minuto en cada máquina. La instalación de la probeta será como se especifica en API estándar 670.

4.3.6 SELLOS DE FLECHA ^{20, 21}.

El sellado de gas de proceso en el caso de los compresores centrífugos a lo largo de la flecha rotatoria es un problema delicado e importante. La función básica de los sellos del extremo de la flecha del compresor y su sistema previenen el escape de gas de proceso por la flecha. Muchos factores entran en la selección del mejor tipo de sello para el servicio, a continuación se indican los más relevantes;

(A). Las propiedades y naturaleza del gas entre las que se encuentran, corrosividad, viscosidad, abrasividad, explosividad, lubricidad, condiciones de temperatura y presión.

(B). La velocidad rotacional de la flecha y velocidades periféricas del sello.

(C). Limitaciones mecánicas, dimensiones del espacio requerido contra el disponible, deflexión de flecha y conexión, flecha y holgura, diámetro de la flecha y mantenimiento.

(D). Otros factores; costo, derivación permisible o fugas, contaminación permisible del gas con aire, gas inerte, aceite u otro fluido.

Hay muchos tipos y diseño de sellos, cada uno para cubrir cierta necesidad.

Los sellos de la flecha estarán provistos para restringir o prevenir fugas de gas de proceso a la atmósfera o fugas del fluido de sello hacia la corriente de gas de proceso, sobre el rango de las condiciones de operación especificadas, incluyendo arranque y paro, o durante cualquier otra operación especial especificada por el comprador. Los sellos de flecha y sistema de sello serán diseñados para permitir la presurización segura del compresor con el sistema de sello en operación antes del arranque del proceso.

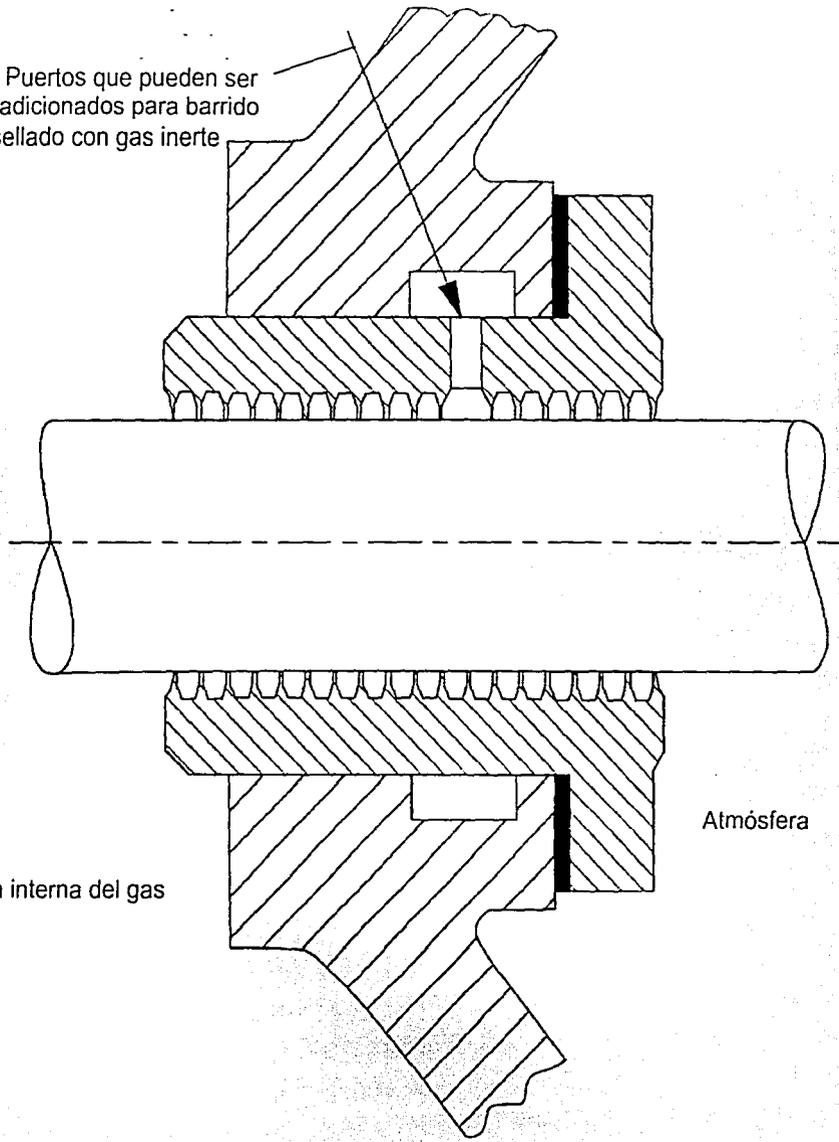
Los sellos de flecha y cuando sean especificadas camisas de flecha serán accesibles para inspección y para reemplazo sin remover la mitad superior de la carcasa de un compresor con división axial o las cabezas de una unidad con división radial.

Los sellos de flecha como son especificados por el comprador sobre la hoja de datos pueden ser usados independientemente o una combinación de los tipos descritos a continuación. Los materiales para las partes componentes serán adecuados para el servicio.

El sello tipo laberinto (ver figura 4.3.6.1) cuando es aplicado en su forma más simple no es un sello verdadero; este es meramente un dispositivo para limitar las pérdidas de un gas sin contacto entre la flecha y la carcasa del compresor. Sin embargo, el laberinto puede ser seccionado para proveer uno o más anulos los cuales son amortiguados o eyectados, o ambos, para eliminar las pérdidas de gas de proceso o para conducir su flujo de una manera controlada.



Puertos que pueden ser
adicionados para barrido
y/o sellado con gas inerte



Presión interna del gas

Atmósfera

Figura 4.3.6.1 Sello de flecha tipo laberinto.

70
PESIS CON
FALDA DE ORIGEN

El laberinto consiste de una serie de restricciones de corta longitud, espacios libres cercanos rectos o escalonados, los cuales toman la apariencia de soporte de cuña. Estas restricciones delgadas pueden ser maquinadas de aluminio, bronce, u otros materiales apropiados, y montados en la terminación de la caja del compresor.

Este tipo de sello puede incluir anillos de carbón en adición a los laberintos si es aprobado por el comprador. Los laberintos pueden ser estacionarios o rotatorios. Los sistemas de inyección o eductores, cuando son usados, serán suministrados completos con tubería, regulación y válvulas de control, manómetros de presión y filtros. Cada artículo será entubado y con válvula para permitir su remoción durante la operación del compresor. Donde el gas de la descarga del compresor se usa para provocar la potencia del eductor, previsiones serán hechas para el sellado durante el arranque y paro.

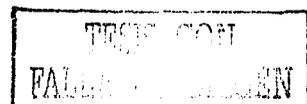
El sello de flecha tipo mecánico (contacto) (ver figura 4.3.6.2) es el siguiente paso hacia un sellado positivo, en que este limita las pérdidas de gas a una cantidad casi despreciable, debido a que hay un espacio libre extremadamente pequeño entre el carbón y el "mating shoulder" (asiento). La vida del sello no es muy predecible cuando opera seco. De esta manera, la mayoría de los sellos mecánicos son amortiguados con aceite de lubricación, el cual se suministra en cantidad suficiente y con alta presión diferencial, arriba de la del gas para asegurar un sellado positivo y lubricación de las caras de fricción.

El sello mecánico con aceite amortiguador vincula un segundo sello restrictivo el cual, limita el flujo líquido sellante a la atmósfera a la cantidad requerida para disipación de calor. Este escape se retorna al depósito.

Hay una pequeña cantidad de escape interior del sellante hacia el gas. Este escape se recolecta en la trampa y se drena manualmente o automáticamente. Este sellante se descarga o recupera. La posibilidad del contacto imperfecto siempre existe con un sello mecánico. Sin embargo, la mayoría de los diseños inherentemente proporcionan un sello positivo en estado de paro sin un fluido amortiguador a lo largo de la cara de carbón y "mating shoulder" (asiento) que están en íntimo contacto, una característica que hace a tales sellos muy atractivos en aplicaciones de refrigeración.

Varios esfuerzos se han hecho para minimizar la velocidad de fricción entre la cara de carbón y el "mating shoulder" (asiento). Un método el cual reduce la velocidad de fricción emplea un anillo de carbón que frota ambas, el asiento rotatorio añadido a la flecha y un asiento estacionario de resorte cargado.

El sello mecánico (contacto) será provisto con laberintos y "slingers". El aceite u otro líquido conveniente provisto bajo presión a las caras del sello rotatorio, puede ser suministrado del sistema de aceite de lubricación o desde un sistema de sello independiente.



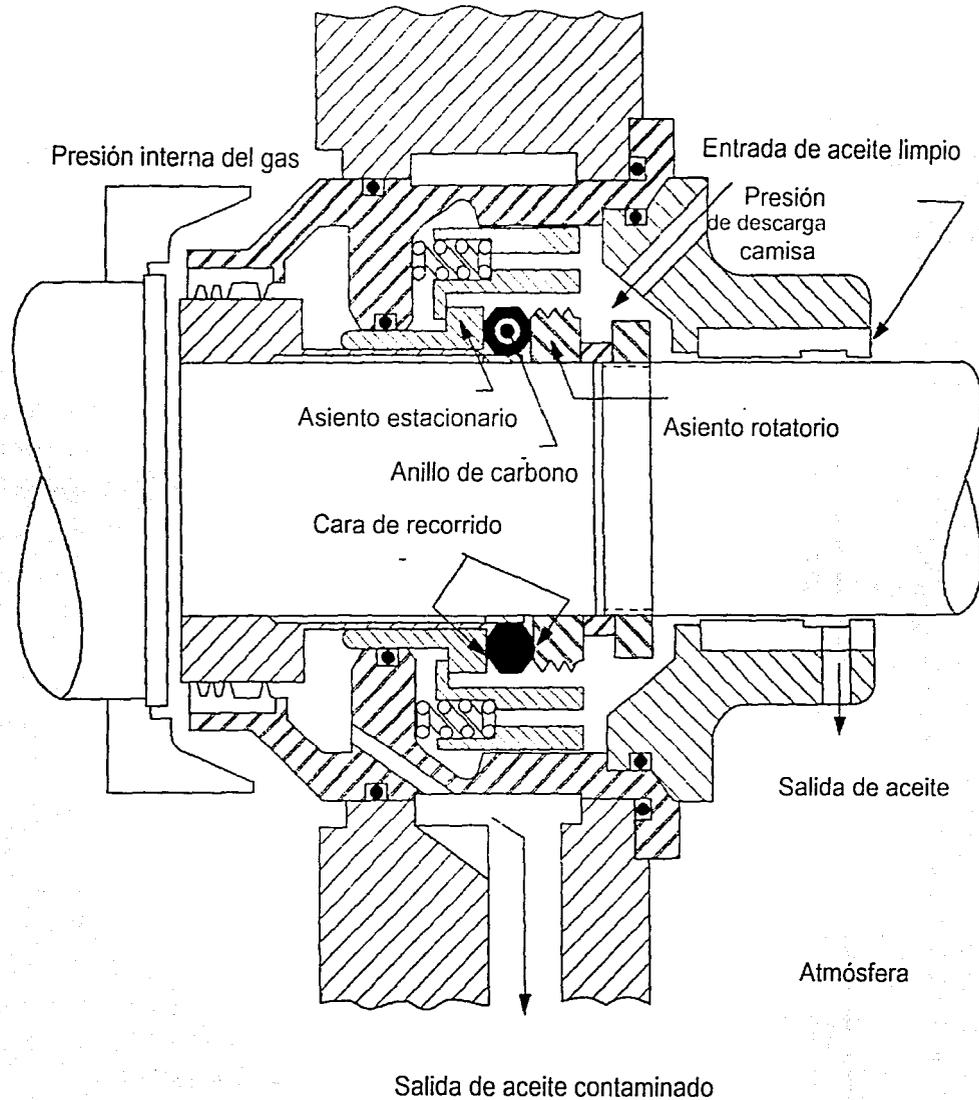


Figura 4.3.6.2 Sello de flecha mecánico (contacto)

72

NEPTUNO S.A. S. R. L.
 TALLERES
 PRECIS COM
 S. R. L.

Los sellos mecánicos serán diseñados para prevenir fugas de gas mientras el compresor este presurizado y en proceso de paro y después de que éste paró, en el evento de falla de aceite de sello. Varios dispositivos suplementarios pueden ser provistos para asegurar el sellado cuando el compresor esta presurizado pero no en marcha y el sistema de aceite de sello no opera. El comprador especificará si tal dispositivo será provisto. El diseño final será definido mutuamente entre el comprador y el vendedor.

El sello tipo anillo restrictivo (ver figura 4.3.6.3), al igual que el sello laberinto, no es un sello verdadero cuando se aplica en su forma más simple; es un dispositivo para limitar las pérdidas de gas en una extensión mayor que el laberinto, sin contacto prolongado entre anillos y flecha. Los anillos pueden ser arreglados con uno o más anulos para amortiguar, eyectar o ambos.

El sello tipo anillo es considerablemente más efectivo por unidad de longitud que el sello laberinto; los espacios libres pueden ser pequeños porque los anillos están usualmente libres para flotar con la flecha para evitar aglutinación o fricción severa.

Este tipo de sello restrictivo incluirá anillos de carbón u otro material conveniente montado en retenedores o en espaciadores. El sello puede estar operando en seco, como en un sello laberinto, o con un líquido de sellado, como en un sello mecánico o con un gas amortiguador.

Un sello de película emplea doble cojinete flotante o anillos (ver figura 4.3.6.4), los cuales tienen pequeños espacios libres con respecto a la flecha. Estos se amortiguan con un sellante, usualmente aceite, para crear un flujo positivo del sellante hacia el gas dentro del compresor y hacia la atmósfera.

Este sello es uno de los más simples de fabricar y operar, si el escape interior del sellante es reusable, debido a que los espacios libres pueden hacerse comparables a aquellos en chumaceras. Sin embargo, si el escape interior del sellante debe ser descargado o puesto a un proceso limpio, los espacios libres en operación serán hechos muy pequeños, y tales espacios pequeños pueden conducir a problemas mecánicos.

El sello de película de líquido (ver figuras 4.3.6.4 y 4.3.6.5) será provisto con anillos de sellado o bujes y laberintos. Un líquido de sellado será suministrado como en un sello mecánico. Los sellos de película de líquido pueden ser sello buje cilindrico como se muestra en la figura 4.3.6.4 o sellos de bombeo como se muestra en la figura 4.3.6.5. Se deberá proveer un tanque elevado para mantener una cabeza estática en exceso de la presión de sellado del compresor. El vendedor determinará la altura del tanque arriba del centro de línea del compresor.

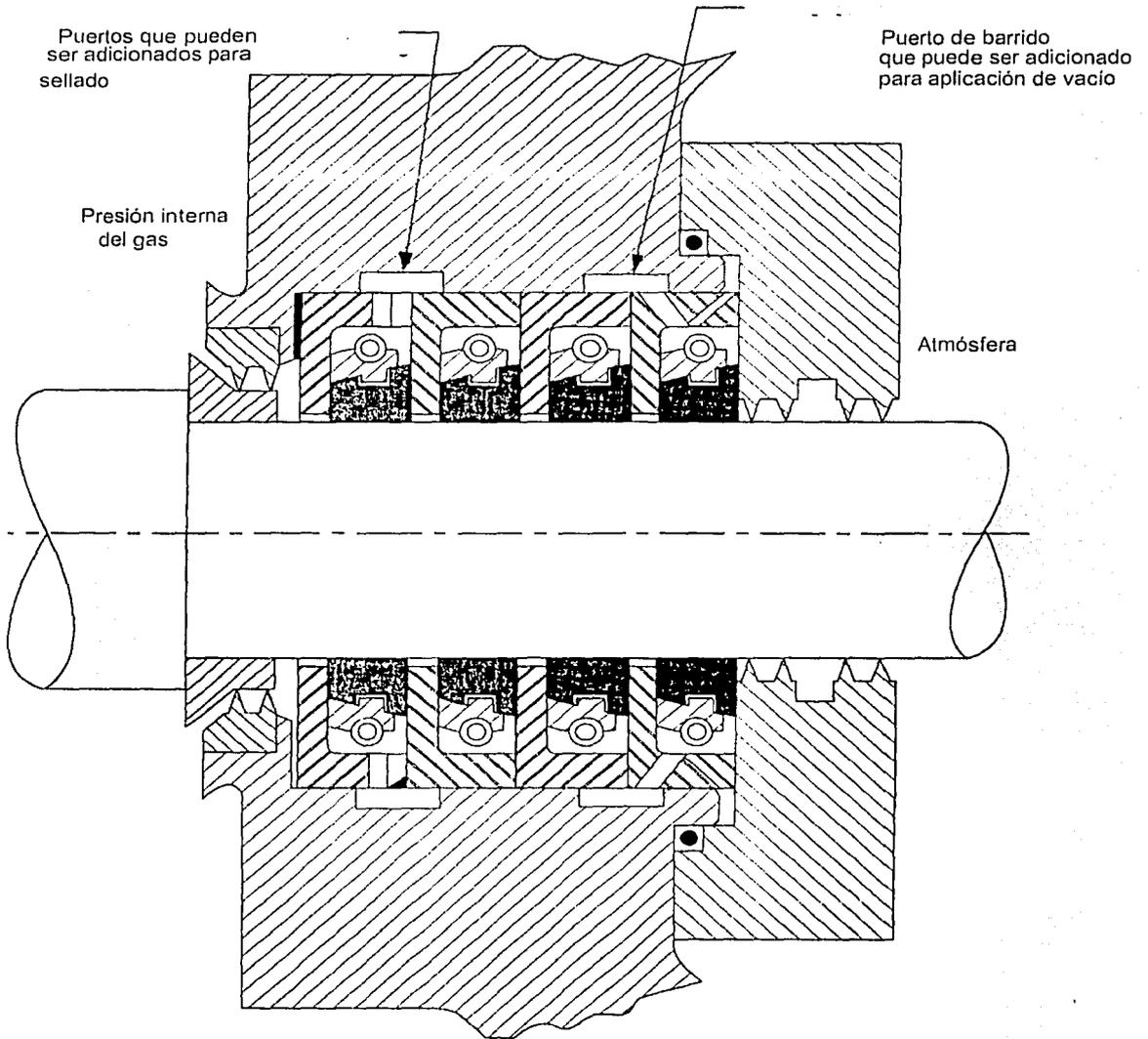


Figura 4.3.6.3 Sello de flecha anillo-restrictivo.

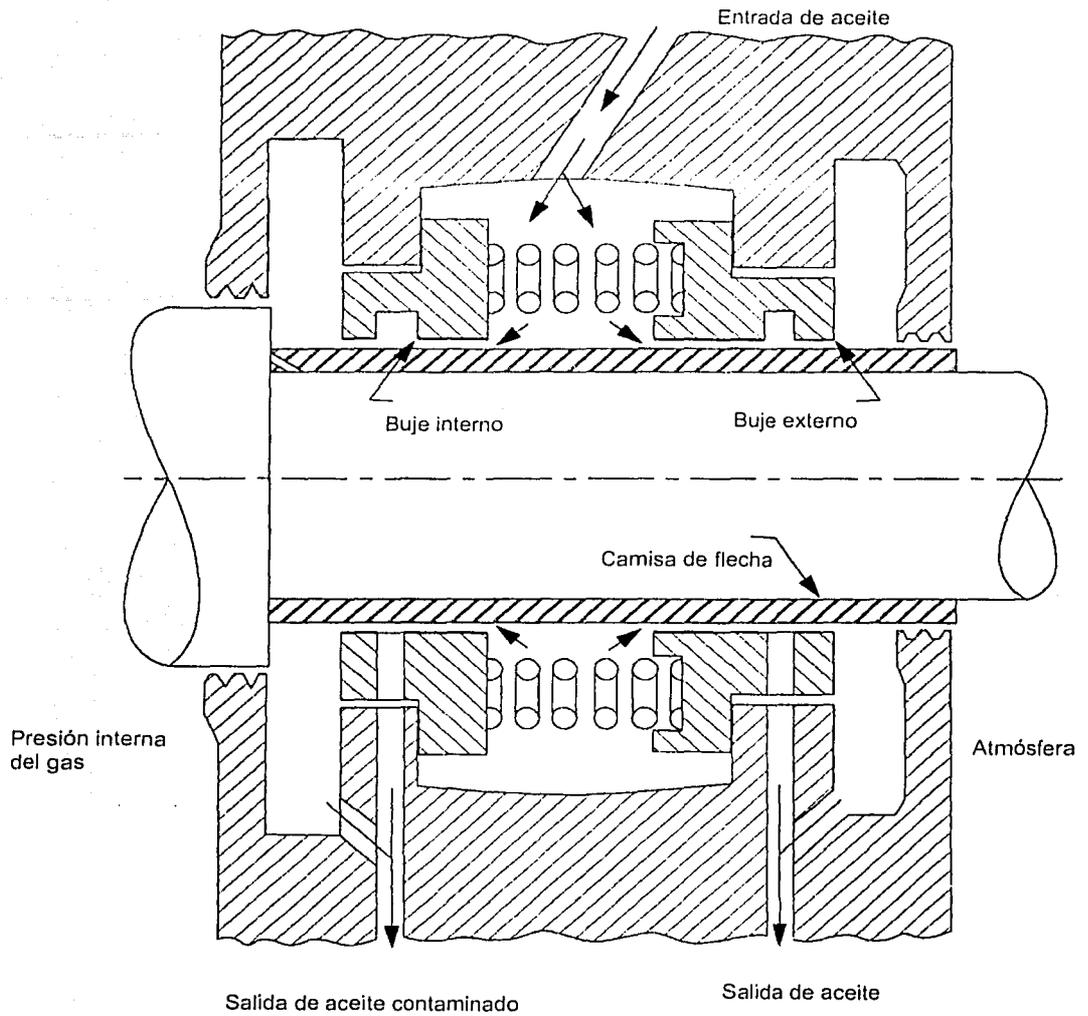


Figura 4.3.6.4 Sello de flecha película de líquido con casquillo cilíndrico.

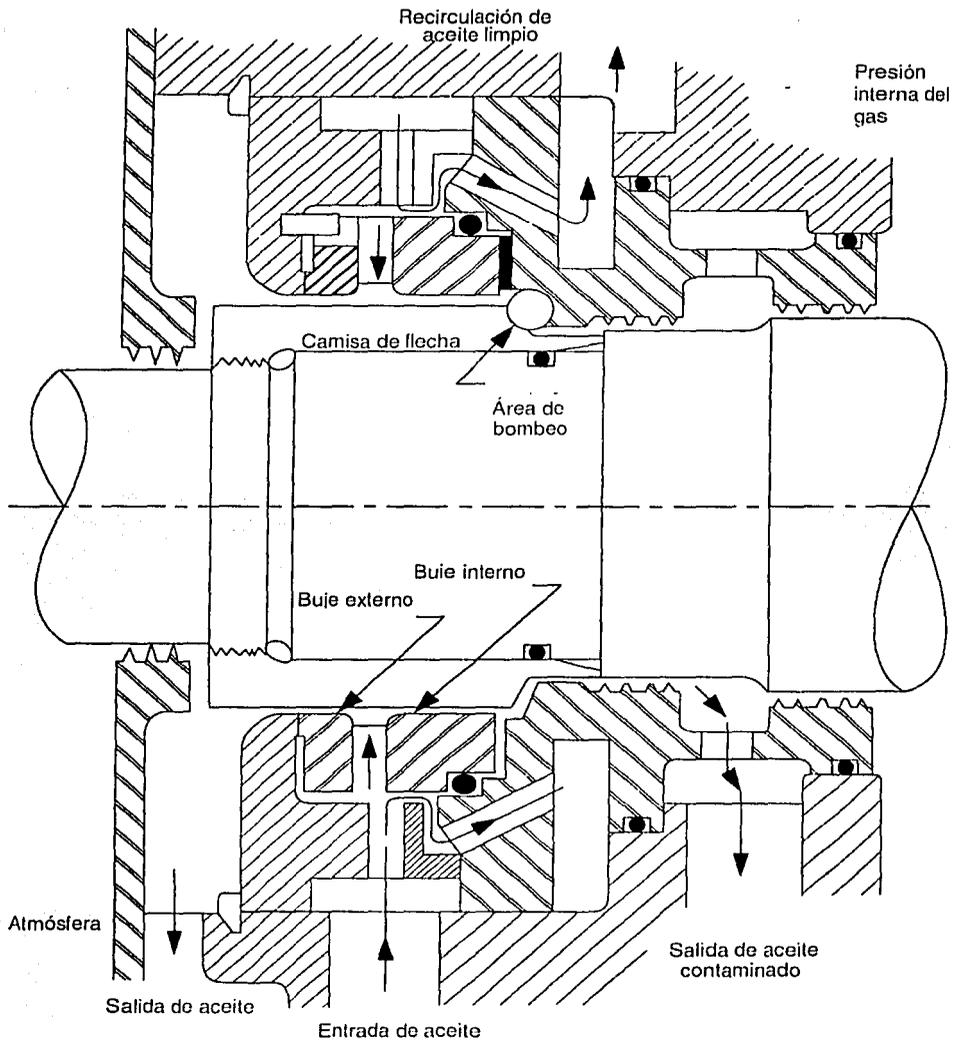


Figura 4.3.6.5 Sello de flecha película de líquido con boquilla de bombeo.

El sello de película de líquido bombeado es esencialmente un sello de película de líquido amortiguado con grandes espacios libres, respaldado con una bomba de tipo viscoso posicionada adyacente al lado del gas del anillo interior.

La bomba crea una contrapresión la cual impide el flujo del sellante hacia el lado del gas para el sello durante la operación. Esta contrapresión es una función de la velocidad; este contador balancea la presión diferencial aceite al gas durante el rango de velocidad de operación normal del compresor.

Los espacios libres de operación dentro de este sello entre el cojinete y la flecha, son comparables a aquellos en las chumaceras, todos los otros son varias veces esta magnitud.

La ventaja inherente de este tipo de sello es su capacidad para operar con espacios libres grandes y todavía la experiencia de escape abajo del sellante a las velocidades de operación.

El sello de gas autoactuado puede requerir sello de gas externo pero no requiere cualquier líquido para lubricación o enfriamiento. Una configuración típica se muestra en la figura 4.3.6.6. Donde sellos de gases tóxicos o flamables son usados, un sello separador se requiere para prevenir fugas no controladas a la atmósfera o caja de cojinetes.

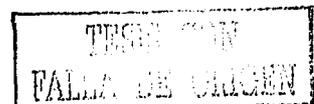
El sello separador preferentemente será capaz de actuar como un sello respaldo del sello primario durante la operación de falla. El sello de gas será filtrado y estará libre de cualquier contaminante que forme residuos. La fuente de gas de sello puede ser tomada de la descarga del compresor o un punto interetapa. Una fuente de gas de sello alternativa puede usarse y puede ser requerida durante el arranque y paro.

Los sellos de gas secos tienen una apariencia similar a la sección transversal del sello líquido empleado en muchas bombas. Sin embargo la operación del sello de gas es completamente diferente. Desde que no hay líquido de enfriamiento con alta capacidad calorífica para transferir el calor generado por la fricción del frotamiento de superficies y caras de sello lubricadas, estas caras pueden hacerse para operar sin contacto, de acuerdo a Fischbach²².

Al mismo tiempo, el escape debe ser controlado a muy bajas cantidades o el diseño no es económicamente efectivo.

Los diseñadores del sello han resuelto este problema contacto/espacio libre por el contorno de la cara primaria del sello, ya que tiene una configuración de grabado y ranurado sobre la superficie de la cara.

Las variaciones del contorno en estos diseños resulta en cantidades de escape diferentes, límites de presión/temperatura, y otras características deben ser evaluadas para el funcionamiento en aplicaciones específicas.



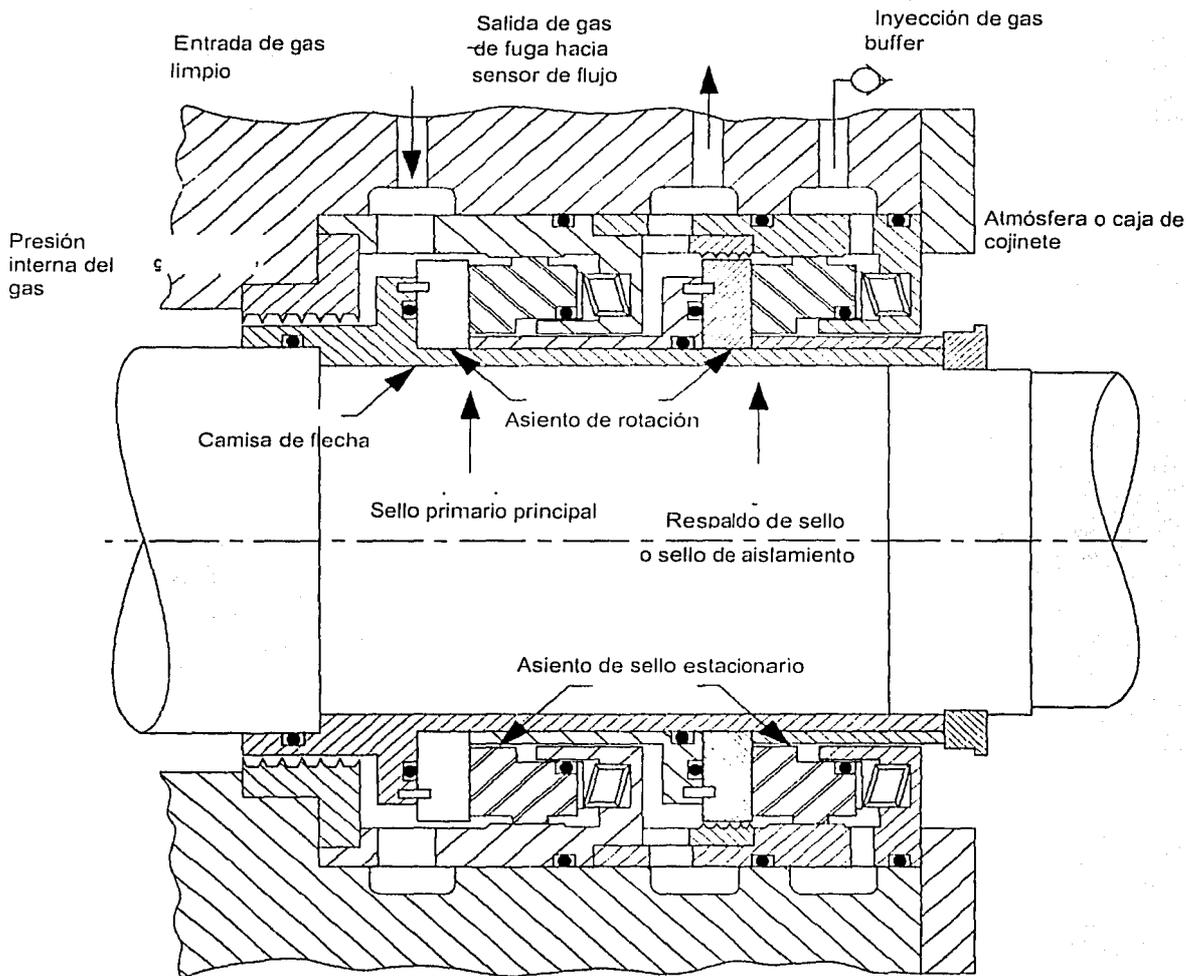


Figura 4.3.6.6 Sello de gas autoactuado.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La función de los contornos en las tabletas/caras es para desarrollar alzamiento o elevación cuando la flecha empieza a rotar y de esta forma, separar las caras en una forma controlada para minimizar el escape. En efecto, estos contornos actúan como un anillo de gas para ambos, controlar los espacios libres y de esta manera la cantidad de escape, y prevenir el contacto durante la rotación para detener el calor desarrollado en uso. Al mismo tiempo, la ranura del sello proporciona un escape del sello de cero positivo cuando la flecha no esta rotando.

Para cualquier flecha y sellos usando líquido de sellado, el escape interior de cada sello será entubado a un vaso de drene independiente. La flecha y sello individual no tendrán una fuga mayor que el 70 por ciento de la fuga esperada total, de todos los sellos de flecha en una máquina sencilla.

El aceite contaminado por el gas de proceso dañará los componentes como cojinetes, anillos de sello, "o-rings" y coples, este será entubado separadamente para permitir la disposición o reacondicionamiento.

A menos que otra cosa se especifique, el diseño del sello tendrá provisiones para inyección de gas amortiguador a cada sello. El comprador especificará si la inyección de gas amortiguador deberá emplearse y la composición del gas. En forma adicional, el vendedor declarará si la inyección de gas amortiguador se requiere para cualquier condición de operación especificada.

Cuando la inyección de gas amortiguador se requiere, el vendedor declarará los requerimientos del gas, incluyendo la presión, flujos y filtración, y cuando sea diseñado, suministrará el esquema del sistema de control completo y la lista de materiales. El método de control será especificado por el comprador.

Observación: en la literatura técnica no se indican los tiempos de conservación o permanencia del sello después de que el equipo para. Esta variable es importante conocer como periodo de tiempo y poder determinar, si el equipo se depresurizará en forma adecuada, sin daño al propio tipo de sello y sistema de sellos.

Con base a lo anterior, se concluye que al parecer el tiempo de permanencia del sello en el equipo de compresión, no es una variable que dependa exclusivamente del diseño del tipo de sello de flecha, debido a que se tienen sellos que operan en seco (sellos que usan como fluido sellante un gas) y sellos húmedos (mecánico de contacto y película de líquido) que requieren como fluido sellante un líquido, sino que el tiempo de permanencia del sello esta asociado directamente al diseño del sistema de sellos en forma integral apegado a la normatividad, para cubrir la operación de paro normal y de emergencia de la unidad.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

4.4 SISTEMA DE ACEITE DE SELLOS Y ACEITE DE LUBRICACIÓN.

El sistema de aceite de sellos cuando se usa, es tan importante como el sistema de lubricación. El propósito principal del sistema de aceite de sello es asegurar que no haya fuga desde y dentro del compresor. Sin un buen sistema de aceite de sello los compresores centrífugos no podrán funcionar, cuando son especificados con este tipo de sellos.

La diferencia primordial entre el sistema de aceite de lubricación y aceite de sello esta en el control en la distribución final. Esto se debe a que el sistema de aceite de sello deberá operar contra la presión desarrollada dentro del compresor. Así, éste debe estar disponible a mayor presión que el aceite de lubricación. Esto, generalmente resulta en el uso de bombas de desplazamiento positivo para el sistema de aceite de sello.

Para asegurar la presión adecuada en el tanque de aceite de sello, la presión en éste se controla por la recirculación de aceite al depósito de aceite de sello, antes de la filtración. Un tanque de aceite de sello elevado (tanque cabeza) se provee para cada sello de flecha.

Estos tanques elevados se presurizan a través del balance del sello o línea de referencia. El nivel de aceite de sello en los tanques se controla por un controlador de nivel manipulando una válvula en la línea de suministro.

Como el aceite de sello pasa a través de los sellos del compresor, éste llega a estar saturado con el gas de proceso. Un tanque desgasificador se provee para permitir que este gas escape.

Los compresores centrífugos son complejos en su diseño y deben tener tolerancias muy cercanas entre las partes rotatorias, debido a los altos niveles y relativamente altas velocidades a las cuales operan. Éstos probablemente son una de las piezas más sofisticadas del equipo mecánico en una planta. El sistema de aceite de lubricación, el cual proporciona lubricación para los cojinetes que soportan la flecha rotatoria, ha sido llamado frecuentemente el corazón del compresor centrífugo y el aceite de lubricación la sangre de vida.

El sistema de aceite de lubricación es un proceso en sí mismo, el aceite se bombea a través de un sistema de acondicionamiento antes que circule a través del compresor, drenado, y entonces retornado al sistema para repetir el proceso continuamente.

Dependiendo del tipo de accionador y las necesidades específicas de la combinación compresor y turbina, hay varias configuraciones del sistema de aceite de lubricación.

Puede haber un sistema de lubricación independiente para la turbina y otro para el compresor. Cuando las turbinas se usan como accionador, el control básico de la turbina es a través de un sistema hidráulico que usa el aceite lubricante como el

medio de control. O éste puede ser un sistema hidráulico independiente. Y hay varias combinaciones, tal como lubricación de la turbina y aceite de control de un sistema y el aceite de lubricación del compresor de otro, o un sistema simple suministrando lubricación a la turbina y compresor y aceite de control al sistema hidráulico.

En un sistema típico se suministra el aceite de lubricación a la turbina y al compresor, el aceite para control de la turbina se suministra por un sistema independiente.

En términos generales el sistema opera de la siguiente forma; el aceite se bombea desde el tanque a través de los enfriadores, entonces se filtra antes de ser enviado a los sistemas de lubricación de la turbina y compresor. El aceite gastado es drenado desde la turbina y/o compresor hacia el tanque. Usualmente se tienen bombas de respaldo provistas para los sistemas de aceite de lubricación, accionadas con un motor eléctrico.

Las siguientes consideraciones son del diseño básico requeridas para estos sistemas de acuerdo al API estándar 617²¹.

A menos que otra cosa se especifique, un sistema de aceite presurizado o sistemas será provisto para suministrar aceite a presión o presiones adecuadas, cuando sea aplicable a lo siguiente:

- a. Los cojinetes del accionador y equipo accionado (incluyendo cualquier otro engrane).
- b. Los acoplamientos lubricados en forma continua.
- c. El sistema de control de aceite y gobernador de velocidad.
- d. El sistema de sello de aceite de la flecha.
- e. El sistema de control del comprador si éste es hidráulico.

Los depósitos y alojamientos que encierran las partes movibles lubricadas tales como cojinetes, sellos de flecha, partes altamente pulidas, instrumentos y elementos de control, serán diseñados para minimizar contaminación por humedad, polvo y otros materiales extraños durante periodos de operación y ociosidad.

El comprador deberá especificar sobre las hojas de datos si los sistemas de aceite de sello y aceite de lubricación estarán separados o combinados. Si los sistemas se especifican por separado, los medios de prevención e intercambio de aceite entre los dos sistemas será descrito en la propuesta del vendedor.

A menos que otra cosa sea especificada, los cojinetes y cajas de cojinetes serán arreglados para lubricación de aceite de hidrocarburo.

A menos que otra cosa se especifique, los sistemas de aceite presurizado estarán conforme a los requerimientos del API estándar 614. Cuando sea aprobado por el comprador, un sistema de aceite integral presurizado puede proveerse para un circuito cerrado, sistema de refrigeración refrigerante sin hidrocarburo.

4.5 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE SELLOS DE GAS SECOS.

Con objeto de presentar un panorama general del sistema integral que soporta a los sellos de gas secos de tipo autoactuados en compresores centrífugos, se toma como referencia el API-estándar-614³⁰ y la figura 4.5.1 la cual es un esquema típico de sellos de gas secos en tandem con sellos intermedios tipo laberinto.

Es conveniente indicar que también se tienen otros arreglos para los sellos de gas secos como el simple, doble opuesto y tandem, los cuales difieren uno del otro y tienen una aplicación particular.

La aplicación con la opción del arreglo simple, cubre casos donde las fugas en caso de falla no son peligrosas, esta aplicación incluye compresores manejando aire, nitrógeno o dióxido de carbono.

La alternativa de arreglo doble, se utiliza cuando el sellado con gas seco no pueda ser manejado efectivamente con filtros, será necesario considerar el arreglo del doble sello. También, si el compresor opera bajo una condición de vacío, será benéfico emplear este arreglo el cual asegura la operación adecuada permitiendo el mezclado del gas de proceso compatible.

Para el arreglo tandem, hay dos tipos con y sin laberinto intermedio. Cuando en la corriente de gas se tiene una parte con gas amargo y otros gases agresivos, este último diseño se prefiere. El laberinto intermedio está diseñado para dar una velocidad alrededor de 3 m/seg. Una variedad de aplicaciones, tal como gas natural, propileno, etileno, gas de cracking y dióxido de carbono, los cuales fueron inicialmente provistos con arreglo de doble sello, ahora están usando el arreglo en tandem³¹.

Los sellos de gas secos en tandem con sello laberinto intermedio, tienen los siguientes módulos y componentes principales: (Ver figura 4.5.1).

- a). En cada extremo de la flecha del compresor, se localizan los sellos de gas secos con sellos laberintos intermedios, así como la línea de balance entre los extremos terminales de la flecha, para igualar el nivel de presión de las cámaras del sello, la cual difiere de la presión de succión o descarga del compresor.
- b). La línea de suministro de gas al sello primario con arreglo simétrico para la inyección a cada extremo de la flecha del compresor, la cual está formada por el módulo de filtro de gas de sello y módulo de entrada.

El módulo de filtrado de gas de sello está constituido por dos filtros de gas, uno en operación y otro de relevo con su válvula de transfer y válvula de bloqueo e instrumentación asociada, un indicador de presión e indicador de presión diferencial, así como un interruptor de presión diferencial.

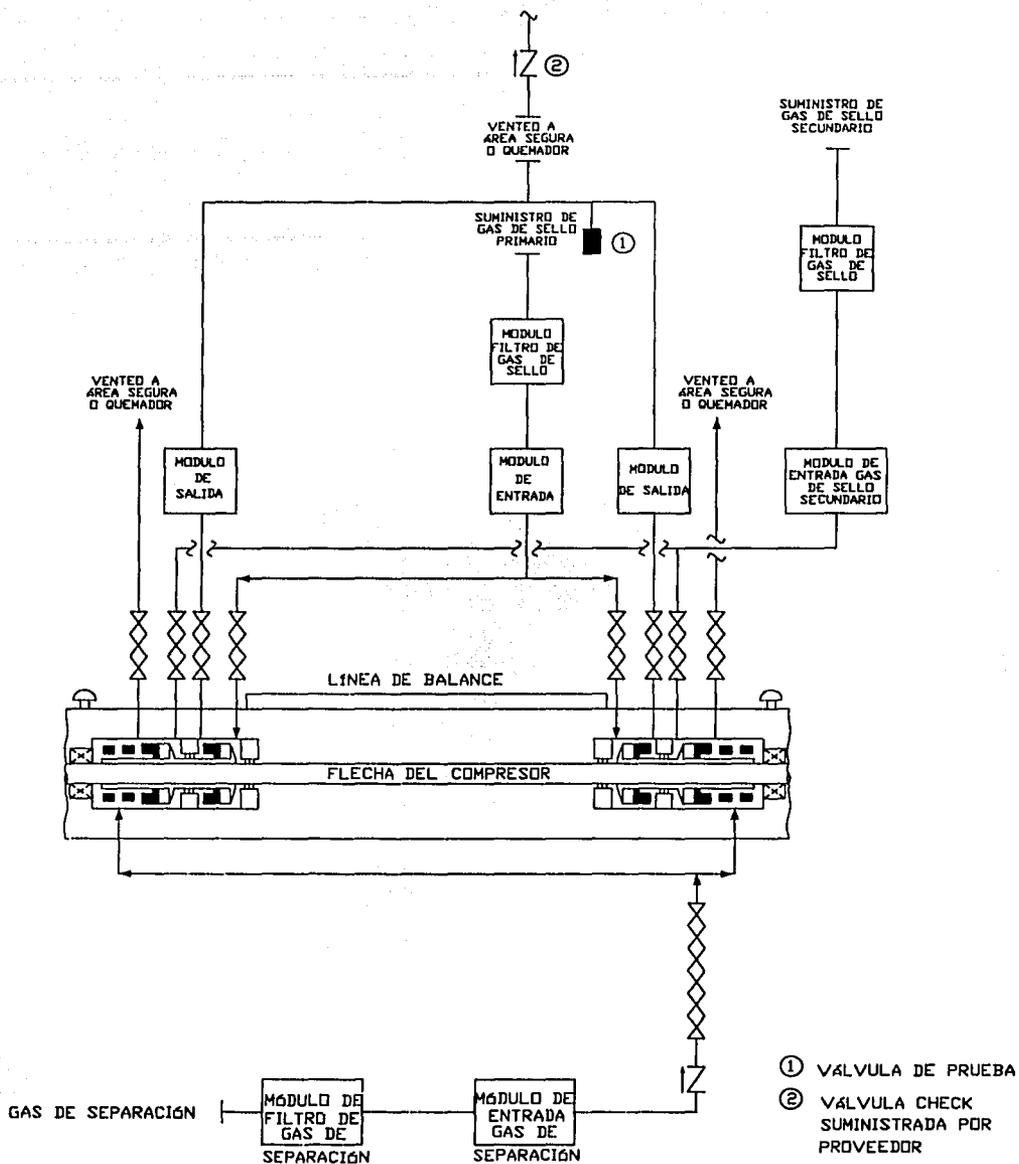


Figura 4.5.1. Esquema de sellos de gas secos en tandem con sello intermedio tipo laberinto.

La filtración típica del gas es hasta un nivel de 5 micrones, sin embargo cuando el gas contiene líquido o humedad, filtros coalescedores deberán suministrarse, teniendo una eficiencia de 98.7 por ciento sobre partículas menores o iguales a 3 micrones. Estos filtros deberán dimensionarse para una caída de presión limpia de 3 psig.

El módulo de entrada básicamente consiste en un arreglo para operar el controlador de presión diferencial para el gas de inyección a los sellos, por medio de una válvula de control modulante con indicador de presión e interruptor diferencial.

c). Venteo a una área segura o disposición al quemador elevado del gas de sello primario, el cual esta formado por los módulos de salida, tubería y válvulas de prueba y check.

d). Línea de suministro de gas al sello secundario con arreglo simétrico para la inyección a baja presión en cada extremo del compresor, la cual esta constituida por el módulo de filtrado de gas de sello y módulo de entrada de gas al sello secundario.

e). Venteo a una área segura o disposición al quemador elevado del gas de sello secundario, por medio de tubería.

f). Línea de suministro de gas de separación, con arreglo simétrico para la inyección en cada punto final de la flecha del compresor, la cual esta formada por el módulo de filtro de gas de separación y módulo de entrada de gas de separación.

El módulo de filtrado de gas de separación o barrera esta formado por dos filtros de gas, uno en operación y otro de relevo con válvulas de bloqueo e instrumentación asociada similar a la del inciso b), un indicador de presión e indicador de presión diferencial, así como un interruptor de presión diferencial.

El módulo de entrada de gas de separación para una opción típica, esta integrado por válvula check, válvula de control de presión autorregulada, interruptor de baja presión, indicador de presión y orificio de restricción.

Con respecto a las alarmas y paros, asociados al extremo de cada flecha del compresor, el vendedor del equipo, deberá suministrar como mínimo lo siguiente.

- Alarma de bajo flujo de gas de sello, gas de sello buffer o presión diferencial de gas de separación.
- Alarma y paro de alta presión o flujo del venteo primario.
- Alarma de alta presión diferencial para cada filtro.

En cuanto a condiciones de suministro, se recomienda para eliminar la posibilidad de entrada de líquido a los sellos de gas autoactuados, mantener una temperatura de 20 grados arriba del punto de rocío. El nivel de presión de suministro puede estar de 1 a 3 kg/cm² arriba de la presión de succión del compresor.

El vendedor deberá avisar al comprador y ambas partes estarán en acuerdo mutuo, sobre cualquier provisión especial que sea necesaria para asegurar un adecuado suministro de gas de sello y gas buffer o gas de separación, y mantener el equipo en el evento de falla completa del sistema de suministro de gas.

Estas provisiones pueden incluir cilindros de gas de respaldo y arreglos especiales, las cuales se requieren más en el paro de emergencia del equipo. Las provisiones serán adecuadas para bloquear cuando sea aplicable en situaciones de venteo o purga.

El concepto de gas buffer en párrafos anteriores, es un medio seguro tal como gas inerte o nitrógeno, aplicado al sello secundario y barrera de separación para evitar el paso del gas de proceso hacia el lado atmosférico.

Con respecto a los requerimientos de soporte del sistema de sellado para el tipo de sellos de aceite o de película de líquido y la determinación de los factores que intervienen en la depresurización de los compresores centrífugos en el Anexo "A", se lleva a cabo un análisis con mayor detalle, debido a que se revisa y determina desde el punto de vista diseño y normatividad, cuales son los factores específicos de ambos sistemas de sellado (sellos secos y sellos húmedos) que intervienen directamente con la depresurización del compresor, asociada al sistema de desfogue.

Adicionalmente, en el mismo Anexo "A" se realiza un pequeño análisis comparativo entre los dos sistemas de sellado para sacar conclusiones generales.

4.6. ACCIONADORES.

El tipo de accionador será especificado por el comprador. El accionador será dimensionado para satisfacer las condiciones de operación máximas especificadas, incluyendo las pérdidas por el engranaje externo o acoplamientos, y estará de acuerdo con las especificaciones aplicables, como se establecen en la hoja de datos.

Las variaciones del proceso anticipadas que pueden afectar el dimensionamiento del accionador, tal como cambios en la presión, temperatura, o propiedades del fluido manejado, así como condiciones especiales de arranque del equipo en la planta, serán especificadas por el comprador.

Las condiciones de arranque para el equipo accionado serán especificadas por el comprador, y el método de arranque será definido mutuamente entre el comprador y el vendedor.

En las instalaciones costa fuera los accionadores más comúnmente usados para bombas y compresores centrífugos de proceso son; turbinas de gas, debido a la flexibilidad de operación, velocidad variable, requerimientos de espacios pequeños por potencia, disponibilidad de gas combustible y bajo costo de operación y

mantenimiento, las cuales deben estar conforme al API estándar 616 y son dimensionados en mutuo acuerdo entre el comprador y el vendedor.

4.7. TUBERÍA Y ACCESORIOS.

El API estándar 614 debe aplicar para toda la tubería auxiliar suministrada por el vendedor. El diseño de la tubería, fabricación de juntas, pruebas e inspección debe cumplir con ASME B31.3.

Los sistemas auxiliares se definen como sistemas de tubería que se encuentran en los siguientes servicios;

- (a). Aire de planta e instrumentos de control.
- (b). Aceite de lubricación.
- (c). Aceite de control.
- (d). Fluido de sello.
- (e). Agua de enfriamiento.
- (f). Gas de balance.
- (g). Gas de referencia.
- (h). Gas de arrastre.
- (i). Drenes.
- (j). Inyección de líquido.

4.8. CONTROL DE COMPRESORES CENTRIFUGOS ²³.

Como se indicó en el punto 2.2.1, los tres principales tipos de compresores son dinámico centrífugo, desplazamiento positivo rotatorio continuo y desplazamiento positivo reciprocante. Las formas usuales y características de control de presión y flujo para los compresores centrífugos pueden ser tabuladas de la siguiente forma;

MODO DE CONTROL	CENTRÍFUGO
Estrangulación en succión	X
Estrangulación en descarga	X
Derivación	X
Velocidad	X
Alabes guía	X

La estrangulación en la succión de compresores centrífugos desperdicia menos potencia que la estrangulación en la descarga. Así como menos potencia se desecha ajustando el desarrollo de las aspas guía de entrada con un servomecanismo, el cual es un sistema de control de realimentación donde la variable controlada es la posición mecánica.

El control de velocidad es un modo de control particularmente efectivo, aplicable a grandes unidades que pueden utilizar accionadores de turbina o combustión interna, el control es por estrangulación del suministro del fluido motriz, vapor o combustible, como es el caso de los módulos de compresión centrífugos accionados con turbinas de gas combustible instalados en las plataformas costa fuera.

4.9. PARO DE EMERGENCIA DE COMPRESORES CENTRIFUGOS ²⁴.

Durante un paro de emergencia, la depresurización segura de un compresor centrífugo requiere un diseño apropiado que considere todas las restricciones del proceso y las mecánicas.

Los esquemas de proceso pueden limitar la proporción de depresurización, mientras que las restricciones mecánicas asociadas al sistema de sellos, requieren una proporción más rápida.

En servicios complejos, los compresores centrífugos operan a altas revoluciones por minuto y altas presiones de descarga. Debido a las grandes cantidades de energía que están almacenadas en un espacio confinado, la depresurización es una consideración de diseño principal.

Durante un paro de emergencia (ESD), la velocidad del compresor disminuye desde la velocidad de operación a 0 revoluciones por minuto, mientras que el gas en el sistema de compresión se esta depresurizando.

Entre las principales causas que desencadenan un paro de emergencia (ESD): con base a una matriz lógica de paro, se tienen las siguientes:

- (A). Variables del proceso. Alta o baja presión de descarga, así como alta o baja presión de succión.
- (B). Servicios Auxiliares Críticos o principales: falla del sistema de gas combustible, falla del sistema de lubricación, falla del sistema de sellos, altos niveles de vibración en flecha y chumaceras, etc.
- ©. Fuego localizado en áreas de proceso.

Conociendo el tiempo requerido en estas acciones del paro de proceso, es importante para verificar si la operación se llevara a cabo en forma segura. Las restricciones mecánicas del compresor y la tubería conectada o adjunta definen el plazo de tiempo ("time frame") requerido.

La consideración más importante para los cálculos de depresurización es encontrar el punto de operación sobre la curva de operación del compresor que tomará el mayor tiempo para depresurización.

El punto de operación que tiene la presión de descarga más alta, representa la condición de masa máxima en la tubería conectada. Y con mayor masa, el tiempo para depresurizar el compresor se incrementará.

Durante una situación de emergencia tal como un fuego, es imperativo relevar el gas antes de la falla mecánica. De esta manera, el punto de operación usado del compresor en los cálculos del tiempo de depresurización es la línea de control del surge.

Observación: en este caso la línea de control del surge esta localizada entre la línea de surge y la línea de "stone wall" en la curva de operación, y no significa que los puntos de operación al abatir la velocidad del compresor en el proceso de paro (reducción de velocidad, flujo y potencia en la curva de operación) estén desplazándose sobre la línea de "surge", sino que se desplazan sobre la línea de control de "surge".

Al inicio de un paro de emergencia, la potencia del accionador del compresor sale fuera de operación. Cuando esto pasa, las revoluciones por minuto disminuyen y el compresor inmediatamente deja de comprimir el gas a la presión de la tubería de descarga.

Para prevenir el "surge", la depresurización empezará en la tubería de descarga simultáneamente con la iniciación de la señal de paro al accionador. El sistema compresor configuración de válvulas requeridas para prevenir un "surge" se muestra en la figura 4.9.1.

La secuencia de eventos para la iniciación de un paro de emergencia (ESD) en un sistema de compresión simple es como sigue:

- a).- El accionador de potencia sale fuera de operación, o sea bloqueo del suministro de gas combustible.
- b).- Abre la válvula de venteo "blowdown".
- c).- Abre la válvula de control de "surge".
- d).- Cierran las válvulas de aislamiento en la succión y descarga.

Este arreglo de válvulas y secuencia permite al ingeniero dimensionar una válvula de venteo ("blowdown") con características de flujo tal que combine la proporción de depresurización a la proporción de marcha por inercia, y así evitar el "surge".

Esto deberá considerar que esta restricción se fija por el fabricante del compresor.

La masa polar del sistema accionador-compresor es proporcionada por el fabricante del compresor.

Una condición de diseño de acuerdo al API-estándar-617 es conservar el gas en la carcasa del compresor. El sistema de sellado de película de aceite esta diseñado para hacer esto para todos los modos de operación del compresor.

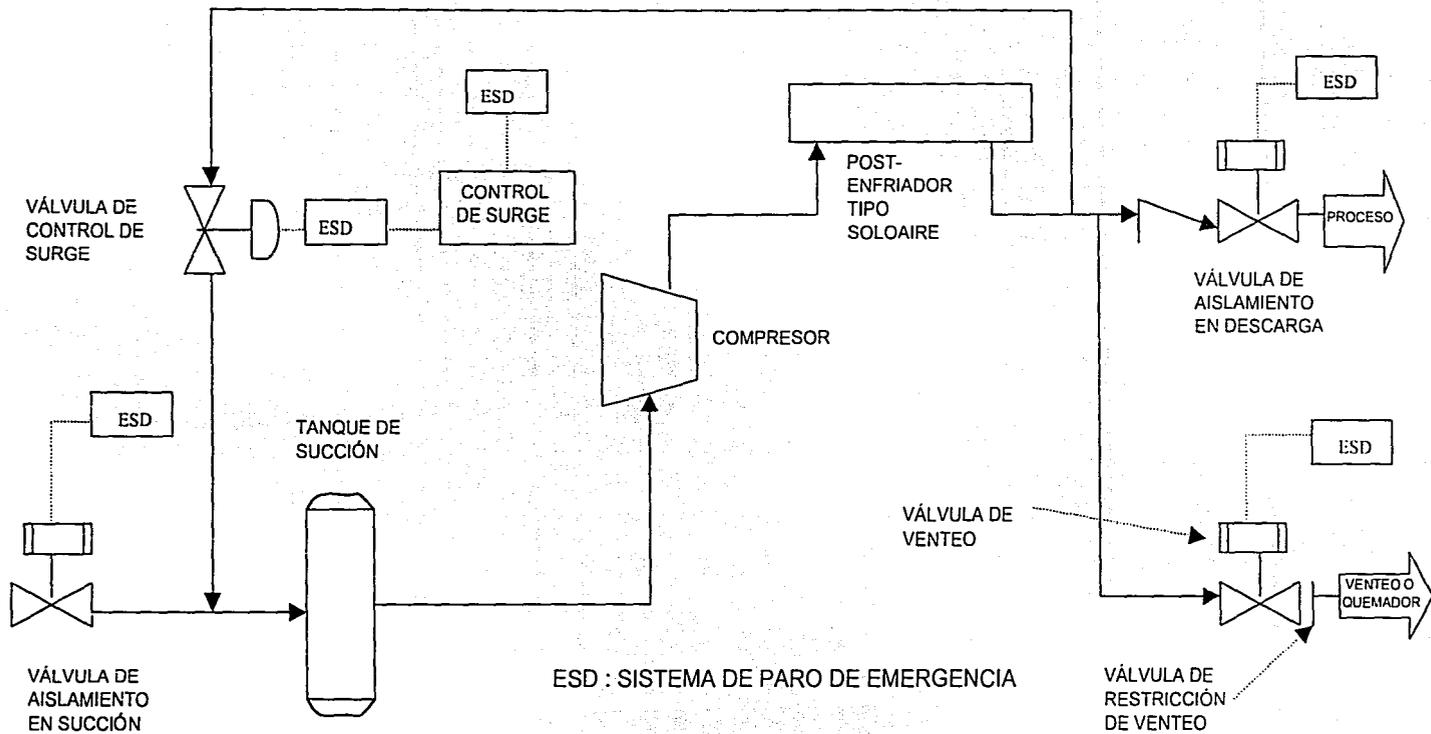


Figura 4.9.1 Arreglo de válvulas del compresor centrífugo.

Por último, es importante hacer notar que con relación a la depresurización de un sistema de compresión, durante un paro de emergencia, la tubería de gas de proceso y tubería de venteo están activas e imponen restricciones a la proporción de venteo ("blowdown") y periodo de tiempo.

En la mayoría de los casos, la tubería de venteo esta conectada al quemador. Y este sistema de relevo limitará la proporción de venteo y de esta manera, impone una restricción potencial sobre el periodo de tiempo de depresurización.

Adicionalmente, el periodo de tiempo en que se mantienen el sistema de sellos, no es una variable que depende de la estructura o tipo de sellos (sellos húmedos y sellos secos), sino que es más bien del diseño en forma integral del sistema de sellos.

Para el caso de sellos húmedos, el API-estándar-614 recomienda que para falla de la bomba de aceite de sellos, el volumen de aceite en el último tanque de aceite de sellos permanezca por lo menos 3 minutos.

De lo anterior se desprende que para operaciones de emergencia es relevante en el diseño de sistema de desfogue, calcular la presión dinámica desarrollada en el sistema de venteo y desfogue, en incrementos de tiempo muy cortos, así como la determinación de los flujos máximos enviados al quemador, con el objeto de reducir dimensiones y capacidades.

CAPITULO V

5.0 ANÁLISIS DEL SISTEMA DE DESFOGUE.

En este capítulo se analiza el tema central del trabajo, revisando en forma genérica los requerimientos de relevo individual y en forma particular algunos criterios básicos de diseño de cada uno de los componentes del sistema de desfogue en Plataformas de Compresión Marinas, válvulas de relevo de presión, válvulas de control y venteo, cabezales y ramales de desfogue, líneas de venteo con relación a un sistema de sellos secos, tanque de desfogue, quemadores elevados, pilotos y sistema de encendido electrónico.

5.1 DETERMINACIÓN DE REQUERIMIENTOS DE RELEVO INDIVIDUAL.

Para establecer el tamaño de un dispositivo de relevo de presión para alguna aplicación, el diseñador debe primero determinar las condiciones para la cual la protección por sobrepresión puede ser requerida. Debe ponerse una atención razonable en el establecimiento de varias contingencias que puedan resultar en una sobrepresión.

Las contingencias que pueden causar sobrepresión deben ser evaluadas en términos de las presiones generadas y la proporción a la cual los fluidos deben ser relevados.

La documentación técnica necesaria para calcular las capacidades de relevo individual para cada dispositivo de relevo de presión asociado a un determinado proceso es; el diagrama de flujo de proceso, el balance de materia y energía, información complementaria para diseño de tuberías e instrumentos, los diagramas de tubería e instrumentación de proceso y servicios auxiliares, hojas de datos y especificaciones de equipos, bases de diseño para los servicios, así como las filosofías de operación normal y emergencia del proceso. Adicionalmente es conveniente contar con los datos de fabricantes de válvulas de relevo de presión si están disponibles.

La tabla 5.1 lista un número de condiciones operacionales comunes para las cuales puede requerirse protección por sobrepresión. Esta lista no es un medio completo para la determinación del relevo de fluidos incompresibles y compresibles, cada planta de proceso puede tener características únicas que deben ser consideradas y analizadas en adición a aquellas listadas en la tabla referida.

Las válvulas de relevo de presión pueden ser dimensionadas usando las ecuaciones presentadas en el API-RP-520, en los puntos 4.3 hasta 4.6 como apropiadas para vapores, gases o líquidos, las cuales aplican para comportamiento de flujo crítico y subcrítico en vapor o gas y dimensionamiento para relevo de líquido que requiere certificación de la capacidad del dispositivo de relevo de presión, de acuerdo al

código ASME, Sección VIII, División I, así como aquellos dispositivos que no requieren la certificación o estampado ASME.

Tabla 5.1. Bases para capacidades de relevo bajo condiciones seleccionadas.

No.	CONDICIÓN	RELEVO DE LÍQUIDO	RELEVO DE VAPOR O GAS
1	Descargas bloqueadas sobre recipientes	Capacidad máxima de líquido bombeado	Entrada total de gas y vapor más el generado ahí dentro a las condiciones de relevo
2	Falla de agua de enfriamiento al condensador	_____	Vapor total al condensador a condiciones de relevo
3	Falla de reflujo en el domo de la torre	_____	Entrada total de gas y vapor más el generado ahí dentro a las condiciones de relevo, menos el vapor condensado por el lado de la corriente de reflujo.
4	Falla en lado de la corriente de reflujo	_____	Diferencia entre el vapor de entrada y sección de salida a condiciones de relevo
5	Falla de aceite pobre al absorbedor	_____	Normalmente ninguno
6	Acumulación de no condensables	_____	Mismo efecto en torres como se encontró para punto 2; en otros recipientes, mismo efecto como se encontró para punto 1
7	Entrada de material altamente volátil. Agua en aceite caliente Hidrocarburos ligeros en aceite caliente	_____	Para torres, usualmente no predecible Para intercambiadores de calor, considerar un área de dos veces el área seccional transversal de un tubo para proveer al vapor generado por la entrada del fluido volátil debido a la ruptura
8	Almacenamiento sobrelleno o recipiente de balance	Capacidad máxima de líquido bombeado	_____
9	Falla de controles automáticos	_____	Debe ser analizado sobre una base de caso por caso
10	Entrada anormal de calor o vapor	_____	Generación de vapor máximo estimado incluyendo no condensables por sobrecalentamiento
11	Tubo de intercambiador dividido	_____	Entrada de vapor o gas desde dos veces el área seccional transversal de un tubo; también mismos efectos encontrados en punto 7 para intercambiadores
12	Explosiones internas	_____	No controladas por dispositivos de relevo convencionales pero por evidencia de circunstancias
13	Reacción química	_____	Generación de vapor estimada de ambas condiciones normal y no controlada
14	Expansión hidráulica Fluido frío atrapado Líneas exteriores al área de proceso atrapadas	Tamaño mínimo Tamaño mínimo normalmente	_____
15	Fuego exterior	_____	Determinado por las ecuaciones de absorción de calor API-RP-520
16	Falla de potencia (vapor, electricidad, u otro)	_____	Estudiar la instalación para determinar el efecto de la falla de potencia, dimensionar la válvula de relevo para la peor condición que pueda ocurrir
	Fracccionadoras	_____	Todas las bombas podrían estar fuera de operación, con el resultado del reflujo y agua de enfriamiento podrían fallar
	Reactores	_____	Considerar falla de agitación o agitador, corriente de apagado, dimensionar las válvulas para generación de vapor de una reacción no controlada
	Intercambiadores enfriados por aire	_____	Los ventiladores podrían fallar; dimensionar las válvulas para la diferencia entre la carga de emergencia y la normal
	Recipiente de balance	Capacidad de entrada máxima de líquido	_____

Otra alternativa, para dimensionamiento de las válvulas de relevo de presión puede ser la información técnica y ecuaciones para determinar el área requerida, proporcionada por los proveedores de estos dispositivos, si se cuenta en ese momento con la información específica de los catálogos.

Los dispositivos de relevo de presión deberán ser dimensionados para la condición o condiciones que requieran el área de relevo más grande.

5.2 VÁLVULAS DE RELEVO DE PRESIÓN, VÁLVULAS DE CONTROL DE PRESIÓN Y VÁLVULAS DE BLOW DOWN.

Entre los dispositivos de relevo principales asociados a un sistema de desfogue en Plataformas de Compresión Marinas, se tienen a las válvulas de relevo de presión, válvulas de control de presión en líneas de proceso o servicios auxiliares y las válvulas de "blowdown" para depresurización asociadas a los módulos de compresión de gas.

Las válvulas de relevo de presión en los módulos de compresión, protegen en la mayoría de las veces a los recipientes, equipos y líneas de proceso en caso de sobrepresión por descarga bloqueada o fuego.

En el caso de la Plataforma de Compresión Akal C-4 (CA-AC-4), las válvulas de relevo de presión se encuentran localizadas en los siguientes equipos de proceso; sección de recibo de gas; línea de salida de gas del separador de baja presión FA-4222 y línea de salida de gas del separador de presión intermedia FA-4223.

Para la sección de los módulos de compresión de baja presión módulos "A" y "B", tomando como referencia al módulo "A", en la línea de alimentación al recipiente horizontal de succión FG-4203A, en la línea de descarga de los compresores de baja presión con dos cuerpos de compresión GB-4201A/GB-4202A, en la línea de alimentación al recipiente separador horizontal de descarga FA-4206A.

En la sección de los módulos de compresión de alta presión módulos "A", "B", "C" y "D", tomando como referencia al módulo "A", en la línea de alimentación al recipiente horizontal de succión FG-4213A, en la línea de descarga del turbocompresor de alta presión de 1ª etapa GB-4210A, en la línea de alimentación al recipiente separador horizontal de descarga de la 1ª etapa FA-4215A, en la línea de descarga del turbocompresor de alta presión de 2ª etapa GB-4211A, en la línea de alimentación al recipiente separador horizontal de descarga de la 2ª etapa FA-4217A, en la línea de descarga del turbocompresor de alta presión de 3ª etapa GB-4212A, en la línea de alimentación al recipiente separador horizontal de descarga FA-4219A y en el cabezal general de descarga de gas de alta presión.

También se tienen válvulas de relevo de presión asociadas a los servicios auxiliares, que descarga al sistema de desfogue de la Plataforma, como es el caso del sistema de acondicionamiento y distribución de gas combustible.

Con respecto a las válvulas de control de presión, se encuentran localizadas en las siguientes líneas o equipos de proceso, en la sección de recibo de gas; para mantener la presión de alimentación en el cabezal general de entrada de gas de baja presión al separador FA-4222. En la sección de los módulos de compresión de baja presión, para mantener la presión de descarga de módulos en el cabezal general de descarga de los compresores de baja presión de los módulos "A" y "B", el cual corresponde al cabezal general de alimentación de gas de presión intermedia al separador FA-4223.

En la sección de los módulos de compresión de alta presión módulos "A", "B", "C" y "D", en el cabezal general de salida de gas de alta presión, se localiza la válvula controladora para mantener la presión de descarga de los módulos, en caso de alguna sobrepresión se envían el gas al cabezal de desfogue de la Plataforma.

El dimensionamiento de estas válvulas de control de presión, esta regido por las condiciones de operación del proceso, tipo de fluido, criterios de diseño y filosofías de operación. El cálculo de los coeficientes de capacidad de flujo y selección del tipo de válvula, puede realizarse usando las ecuaciones del procedimiento "Fisher" presentadas en el catálogo del fabricante o algún otro procedimiento aplicable de ingeniería.

Por último, las válvulas de venteo ("blowdown") en el diseño original de los módulos de compresión de baja "A" y "B", se localizan corriente abajo de la línea de control de "surge", previo a la válvula check de cada módulo.

En la sección de los módulos de compresión de alta presión módulos "A", "B", "C" y "D", las válvulas de venteo ("blowdown") por diseño original de los módulos de compresión de alta, se localizan solamente corriente abajo de la línea de control de "surge" del compresor de 3ª etapa, previo a la válvula check de cada módulo.

También se tienen válvulas de venteo, localizadas en los cabezales generales de succión de compresores de baja presión, cabezal de presión intermedia (succión de compresores de alta presión en 1ª etapa) y cabezal de descarga de compresores de alta presión, las cuales envían el gas al cabezal de desfogue de la Plataforma en caso de una operación de emergencia.

El dimensionamiento de estas válvulas tipo "on-off", asociadas al sistema de paro de emergencia, esta regido por los flujos para depresurización, niveles de presión interna, tiempos de depresurización, criterios de velocidades y contrapresiones.

5.2.1 CRITERIOS DE DISEÑO DE VÁLVULAS DE RELEVO DE PRESIÓN.

Para efectuar el dimensionamiento de una válvula de relevo de presión, se requiere; del conocimiento del proceso y su control básico, determinar las causas principales que originan una sobrepresión en el proceso y tipo de falla, determinación de la masa

a relevar, determinación de las condiciones de relevo y propiedades del fluido, así como los criterios de diseño aplicables.

(a). Contrapresión: la presión creada por la descarga del fluido afecta la capacidad de descarga de los tipos de válvulas de relevo de presión (convencionales, balanceadas y operadas por piloto), aunque en una relación diferente ya que en las válvulas convencionales, cuando esta contrapresión alcanza un 10% de la presión de ajuste, la capacidad de válvula se afecta bastante, mientras que las válvulas balanceadas y operadas por piloto pueden mantener sus capacidades de descarga hasta que la contrapresión alcance un valor aproximado al 30-50% de la presión de ajuste.

Es importante indicar que el uso de válvulas balanceadas y operadas por piloto toleran contrapresiones mayores y por consecuencia se pueden manejar ramales y cabezales de desfogue de menor diámetro, pudiendo reducir el costo de adquisición e instalación de las tuberías.

En la práctica, las válvulas de relevo de presión cuya descarga es a la atmósfera, serán del tipo convencional debido a que la contrapresión es siempre constante, las válvulas cuya descarga se integra a un sistema cerrado a través de un cabezal principal, serán de tipo balanceado u operado por piloto para reducir el tamaño del cabezal de desfogue.

(b). Presión de ajuste: existen varios criterios para determinar la presión de ajuste, que además difieren entre sí. Lo más común y práctico es que la presión de ajuste sea igual a la presión de diseño del equipo al cual se esta protegiendo. Cuando una válvula de relevo de presión esta protegiendo a dos o más equipos, la presión de ajuste será igual a la menor presión de diseño del equipo en cuestión.

Debe ponerse especial cuidado al determinar la presión de ajuste de la válvula de relevo de presión, para que la relación siguiente se cumpla: $P_{OP} \leq 0.9 P_s$, si la presión de operación es mayor que el 90% de la presión de ajuste, la válvula de relevo puede tener castañeteo con la consiguiente fuga y daño.

(c). Presión de relevo: el término presión de relevo es igual a la presión de ajuste de la válvula más la sobrepresión permisible, expresada en psia.

(d). Temperatura de relevo: esta puede variar para un mismo fluido dependiendo de la causa de relevo. Por ejemplo en el caso de fuego, el líquido contenido en un recipiente se vaporizará de modo que la temperatura de relevo, será la temperatura de saturación a la presión de relevo. Si este mismo equipo se protege de descarga bloqueada, la temperatura de relevo es igual a la temperatura de operación normal.

En un recipiente expuesto a fuego que contenga únicamente gas, la temperatura de relevo será la que el gas adquiera al elevar su presión hasta la presión de relevo. En consecuencia la determinación de la temperatura de relevo esta asociada a los diferentes tipos de falla, los cuales deben analizarse con detalle, ya que además de

intervenir en el dimensionamiento de la válvula, sirve también para especificar los materiales.

(e). Condiciones de relevo: es el término usado para indicar la presión y temperatura a la entrada de un dispositivo de relevo de presión durante una condición de sobrepresión.

(f). Sobrepresión: cuando en una válvula de relevo la presión en la entrada de la válvula alcanza la presión de ajuste, empieza la apertura del dispositivo y comienza a comprimirse el resorte. Consecuentemente, la fuerza para seguirlo comprimiendo y lograr la apertura máxima (elevación total del disco), también será mayor. Esta fuerza extra se logra al permitir que la presión en equipo protegido, se eleve un poco con respecto a la presión de ajuste, es decir permitiendo que exista una sobrepresión.

Las válvulas de relevo que manejan gas o vapor reciben una fuerza adicional proveniente del cambio de energía cinética producido por la expansión del gas, por consecuencia la sobrepresión requerida en gases y vapores es pequeña de 3 a 10% de la presión de ajuste.

En caso de manejar líquidos que no vaporicen, dado que no se tienen los efectos de expansión, la sobrepresión requerida es mayor, 25% de la presión de ajuste.

La sobrepresión en la mayoría de los casos se expresa como un porcentaje de la presión de ajuste y se establece por el código aplicable, esta puede variar para diferentes aplicaciones dependiendo de la relación de la presión de ajuste a la presión de trabajo máxima permisible del sistema o recipiente protegido. La sobrepresión permisible es la misma que la acumulación permisible, solo cuando la presión de ajuste sea igual a la presión de trabajo máxima permisible o presión de diseño.

En caso de válvulas para líquido en equipos con diseño ASME, es decir para protección de un recipiente lleno de líquido, la presión máxima acumulada esta limitada a 110% de la presión de trabajo máxima permisible para contingencias operativas que no sea fuego; lo mismo aplica para servicio de vapor o gas.

En caso de válvulas para servicio de líquido en equipos que no estén de acuerdo a ASME, o sea que no requiera certificación de la capacidad, se puede especificar una sobrepresión de 25%, así como para protección de tubería sin recipientes conectados.

(g). Blowdown: Es la diferencia entre la presión de ajuste y la presión de cierre de una válvula de relevo de presión, expresada como un porcentaje de la presión de ajuste o en unidades de presión.

A continuación la tabla 5.2.1.1 resume la acumulación máxima y presión de ajuste para válvulas de relevo de presión especificadas de acuerdo con el código ASME.

Tabla 5.2.1.1 Presión de ajuste y límites de acumulación para válvulas de relevo de presión

Contingencia	Instalación de válvula simple		Instalación de válvulas múltiples	
	Presión de ajuste (%)	Presión máxima acumulada (%)	Presión de ajuste (%)	Presión máxima acumulada (%)
Sin fuego				
Primera válvula	100	110	100	116
Válvula(s) adicionales(s)	-----	-----	105	116
Solo fuego				
Primera válvula	100	121	100	121
Válvula(s) adicionales(s)	-----	-----	105	121
Válvula suplementaria	-----	-----	110	121

Nota: Todos los valores son porcentajes de la presión de trabajo máxima permisible o presión de diseño.

De acuerdo con los requerimientos del código ASME, una instalación de válvulas múltiples requiere la capacidad combinada de dos o más válvulas para aliviar la sobrepresión de un fuego. La presión de ajuste de la primera válvula para abrir no excederá la presión de trabajo máxima permisible. La presión de ajuste de la última válvula para abrir no excederá 105 por ciento de la presión de trabajo máxima permisible.

(h). Área de descarga efectiva: o área equivalente de flujo es un área calculada o nominal de una válvula de relevo de presión usada en fórmulas de flujo para determinar el tamaño de la válvula. Esta será menor que el área de descarga real.

5.3 CABEZALES Y RAMALES DE DESFOGUE.

En la mayoría de los casos se combinan las descargas de las válvulas de relevo de presión hacia cabezales comunes de tubería. Estos son entubados a una localización segura, con provisiones para coleccionar relevo líquido y descarga de gases.

Un cabezal de descarga de válvulas de relevo toma la forma de un árbol, recolectando todas las descargas de fluidos compresibles de los dispositivos de relevo. Cada válvula es entubada a una rama; las ramas pueden combinarse hacia grandes ramas. Finalmente, el tronco principal es extendido, descargando hacia la atmósfera o quemador elevado, pasando previamente por un tanque de desfogue para recolectar líquidos formados por la expansión del fluido compresible.

En el caso de la Plataforma de Compresión Akal C-4 (CA-AC-4), al cabezal de desfogue principal se integran los ramales que recolectan las descargas de las válvulas de relevo de presión y válvulas de venteo de los módulos de compresión de baja presión "A" y "B", los ramales que coleccionan las descargas de las válvulas de relevo de presión y válvulas de venteo de los módulos de compresión de alta presión "A", "B", "C" y "D", válvulas de control de presión a la succión y descarga de los compresores de alta y baja presión, respectivamente, así como las válvulas de relevo de presión y venteo del sistema de acondicionamiento de gas combustible.

Adicionalmente, se integran las descargas de las válvulas de relevo de presión de los separadores de gas combustible y separador de condensados, así como algunas válvulas de relevo líquido de las bombas de recuperadoras de condensados.

El arreglo del cabezal principal de desfogue es de la siguiente manera; baja de los niveles superiores tercero y segundo hacia el primer nivel, y en ese recorrido se van integrando los ramales asociados y descargas de los distintos dispositivos de relevo de presión hasta llegar al tanque de desfogue, el cual se localiza en el primer nivel. En el tanque se tiene asociado su sistema de recuperación e integración de líquidos a través de unas bombas de condensados. Posteriormente el gas libre de líquidos continua su recorrido hasta disposición final en los quemadores elevados existentes del complejo.

Las conexiones y trayectorias del cabezal de desfogue desde el tanque en la Plataforma hacia los quemadores elevados existentes, se realizan a través de puentes estructurales de interconexión tipo triangular, los cuales cubren la función de soporte, interconexión, y pasillo de acceso peatonal.

5.3.1 CRITERIOS DE DISEÑO DE CABEZALES Y RAMALES DE DESFOGUE.

El diseño de un sistema de desfogue debe efectuarse en sentido inverso al flujo, ya que siempre existe una presión conocida al final del sistema, ya sea un tanque, la atmosférica o un quemador, la cual se encuentra fija.

El mejor camino para dimensionar la tubería (cabezales y ramales de desfogue) es trabajar hacia atrás, corriente arriba del punto donde descarga el cabezal, la atmósfera, quemador o unidad de tratamiento.

El enfoque general es hacer una conjetura para los tamaños de tubería, considerando flujo compresible isotérmico a través del sistema. Entonces un cálculo detallado se lleva a cabo para determinar la caída de presión a través de cada segmento de tubería.

La contrapresión calculada en cada válvula de relevo de presión se compara con la contrapresión permisible para la válvula. El criterio es usado para ajustar el tamaño de tubería en la red (grande o pequeño), los cálculos son hechos otra vez y el procedimiento continúa hasta que las contrapresiones están todas dentro de una determinada tolerancia.

Tener en mente que el tamaño de la tubería mínimo permisible es el tamaño de la brida de descarga de las válvulas de relevo. Y también que la velocidad crítica (sónica) no puede ser excedida en una tubería, con el objeto de evitar problemas de ruido y vibración en la línea.

La contrapresión máxima tolerada por el sistema es algunas veces tan alta que ocasiona condiciones sónicas en la tubería. Una velocidad alta puede resultar en un nivel de ruido inaceptable.

En la literatura técnica se indica que los ramales en sistemas de relevo frecuentemente pueden ser dimensionados a velocidades cercanas a la sónica, por lo que las contrapresiones máximas permisibles, los cambios de velocidad y el nivel de ruido, llegan a ser los factores significativos en el análisis y diseño del sistema.

En el dimensionamiento de un cabezal simple, la presión de relevo más baja frecuentemente dictará el nivel de contrapresión; removiendo las válvulas de menor presión del cabezal puede resultar en tamaños de tubería menores debido a la mayor contrapresión que puede ser tolerada ²⁵.

Para minimizar los tamaños de tubería, especialmente cuando los recorridos de tubería son largos, válvulas balanceadas u operadas por piloto, deberán ser consideradas en lugar del tipo convencional. Esto no siempre resultará en ahorros, el tamaño mínimo de la tubería puede ser dictado por el tamaño de la brida de salida de la válvula o la velocidad crítica del fluido, sin dejar de tomar en cuenta el nivel de contrapresión máxima permitida para la válvula de relevo de presión.

Algunos factores y lineamientos importantes en el diseño del sistema son:

- ❖ Evitar obstrucciones; checar cabezales de desfogue contra otras líneas de proceso, servicios y ductos de gases de escape de turbinas de gas, para evitar obstrucciones líneas y válvulas, equipo de proceso y/o servicio, rutas de escape y circulación de operadores, así como con escaleras y pasillos en los distintos niveles de la Plataforma.
- ❖ Proporcionar soportes adecuados; los ramales y cabezales serán independientemente soportados de las válvulas de relevo de presión, y cuidadosamente alineados para evitar esfuerzos mecánicos. Considerar los esfuerzos térmicos en el cabezal, originados de fuentes ambientales (radiación solar, equipo de proceso operando adyacente) o del desfogue propio del sistema. Reducir el efecto de fuerzas de descarga usando conexiones "Y" en lugar de "T's".
- ❖ Prueba por ASME B31.3; probar la tubería hidrostáticamente a 150% de la presión de operación máxima del sistema, o prueba neumática a 110% de la presión de operación máxima.
- ❖ Descarga sin riesgo, el cabezal debe descargar a una localización segura o sistema de disposición final. Donde materiales condensables o tóxicos estén presentes, algún tipo de recolección u unidad de tratamiento es requerido. La descarga atmosférica será limitada a vapores que no condensen a bajas temperaturas encontradas en la localidad y fluidos no tóxicos.
- ❖ Diseñar la tubería para ser auto drenada; el sistema de descarga deberá drenar hacia el final de la descarga, evitando la formación de bolsas en lo posible. Si las bolsas son inevitables deberán ser arregladas con piernas de condensados.

- ❖ Una pendiente de 1/4 de pulgada en 10 pies (21 milímetros en 10 metros) es sugerida para todos los ramales y cabezales, tomando en cuenta las deflexiones de la tubería entre los soportes. El uso de un ángulo de 45 grados o igual a 30 grados hacia el eje del cabezal, es mucho más común en sistemas de relevo que en la mayoría de los sistemas de tubería de proceso.

5.4 LÍNEAS DE VENTEO Y DEPRESURIZACIÓN ^{26,27}.

La operación simple aparentemente de una válvula y línea de depresurización y venteo en un sistema de tubería presurizado, inicia un proceso complejo de fluido dinámico, en el cual las dimensiones y configuración de la ruta del flujo, las propiedades del gas y otros factores afectan el flujo de descarga y proporción de decaimiento o abatimiento de presión dentro del sistema.

Es importante ser capaz de calcular el tiempo requerido de tales eventos de venteo y depresurización, para planeación, por razones de control y seguridad, así como calcular la cantidad de gas perdido o transferido como una función del tiempo o reducción de presión para optimizar dimensiones de tubería y equipo de desfogue en las instalaciones.

En consecuencia el tiempo de venteo o número de minutos necesarios para depresurizar un sistema cuando este es venteadado a un flare atmosférico, es de gran interés en el diseño y operación de proyectos como plantas de compresión o líneas de transporte de gas, y debe ser predecible con bastante precisión.

Sin embargo, plantas de compresión usualmente tienen varias etapas de compresión operando a diferentes niveles de presión. En estos casos, los cálculos del venteo pueden ser complicados por la apertura de válvulas checks, cuando inicialmente etapas de mayor presión son venteadadas a presiones más bajas que sus etapas precedentes ²⁸.

Con relación a las válvulas de venteo principales de la Plataforma de Compresión Akal-C4 (CA-AC-4) punto 5.2, se encuentran asociadas las líneas de venteo y depresurización, las cuales están directamente vinculadas con el sistema de paro de emergencia (ESD), cuya función principal es depresurizar y ventear cada uno de los módulos de compresión de baja "A" y "B", y alta presión "A", "B", "C" y "D", así como los cabezales generales de succión y descarga de módulos, para enviar el gas al cabezal de desfogue de la Plataforma.

En la Plataforma de Compresión Akal-C4 (CA-AC-4), se tienen los ramales que interconectan las líneas de venteo individuales de cada módulo de compresión, y estos se interconectan al cabezal de desfogue principal de la Plataforma.

Una dificultad en el cálculo del tiempo de venteo para un sistema de tubería de alta presión, proviene del hecho que en algún lugar en la secuencia de venteo y depresurización, el flujo a través de la restricción de la válvula cambia de flujo sónico

(choque) a subsónico. Mientras esta transición de choque a flujo subsónico puede ser definida de un conocimiento de la relación de presión a través de la válvula, la relación de presión en la válvula no es usualmente conocida, especialmente cuando líneas de venteo largas son usadas corriente arriba o corriente abajo de la válvula.

Por lo anterior, debido a que las ecuaciones usadas son diferentes para flujo sónico y subsónico, un cálculo en dos pasos se requiere cuando un sistema es venteado a presión atmosférica o a algún otro sistema de tubería de baja presión.

5.5 TANQUE DE DESFOGUE Y TANQUE DE SELLOS.

El tanque de desfogue es un equipo donde se efectúa una separación bifásica líquido vapor o gas, de la corriente de relevo producto de la expansión del fluido a lo largo del cabezal de desfogue. La función de este equipo es separar la corriente líquida para su posterior recuperación o disposición, así como evitar que las gotas de líquido sean arrastradas por la corriente de gas hacia el quemador y sean arrojadas como gotas encendidas.

Cuando el análisis del sistema o condición de desfogue presente líquido en la corriente, éste debe ser separado antes de llegar al quemador elevado, dependiendo de las características físico, químicas y toxicológicas, así como su valor económico.

Los factores básicos que afectan la operación y separación entre fases líquida y gaseosa en un tanque de desfogue son: la presión y temperatura de operación, el flujo, la velocidad, propiedades físicas del fluido y composición química de la corriente.

Cualquier cambio en estos factores de operación afectará la cantidad de líquidos y gas que salen del tanque. Un incremento en la presión o un descenso en la temperatura aumentará el volumen del líquido en el separador.

En la Plataforma de Compresión Akal-C4 (CA-AC-4), se tiene un tanque de desfogue horizontal al cual se canalizan todos los relevos de los dispositivos de relevo de presión, válvulas de control de presión y válvulas de venteo de los equipos de proceso y servicios auxiliares principales, ubicándose en el área de servicios en el primer nivel de la Plataforma.

Adicionalmente, se encuentra asociado al tanque de desfogue un sistema de bombeo para recuperación e integración de los condensados, el cual consta de una bomba en operación y su relevo accionadas con motor eléctrico.

El tanque de sello líquido es un equipo que puede ser utilizado para evitar el retroceso de la flama, mantener una presión positiva para impedir la introducción de aire atmosférico al cabezal y evitar la formación de mezclas explosivas aire-gas en el cabezal y ramales de desfogue.

El principio básico de dimensionamiento esta en la contrapresión máxima permisible de salida en el cabezal de desfogue, la cual fijará la distancia máxima, "h", a la que la tubería de entrada estará sumergida. El área libre del recipiente para el flujo de gas arriba del nivel de líquido deberá ser menor de tres veces el área seccional transversal de la tubería de entrada para prevenir arrastre de líquido por la corriente de gas al flare.

En las plataformas costa fuera es más común la utilización de sellos de gas, los cuales se revisarán en el punto 5.7.

5.5.1 CRITERIOS BÁSICOS DE DISEÑO DE TANQUE DE DESFOGUE.

El dimensionamiento de un tanque de desfogue es generalmente una solución por prueba y error. Los parámetros de diseño tales como la velocidad de asentamiento y tiempo de residencia deben ser calculados para determinar el diseño óptimo, considerando diámetros y longitudes de placas comerciales.

El principio en el cual se basa el método de cálculo es que, las partículas de líquido se separarán cuando el tiempo de residencia del vapor o gas es igual o mayor que el tiempo requerido para recorrer la altura vertical disponible, a la velocidad de caída de las partículas de líquido y la velocidad vertical del gas sea suficientemente baja para permitir la caída de las gotas de líquido.

Entre los criterios básicos de diseño de tanques de desfogue se tienen los siguientes:

La velocidad vertical del vapor o gas será suficientemente baja para evitar que grandes tapones de líquido se vayan al quemador. Por lo que, la velocidad vertical permisible en el tanque puede estar basada sobre la necesidad de separa partículas desde 300 a 600 micrones de diámetro.

Otro factor en el dimensionamiento del tanque de desfogue, es considerar el efecto que tiene algún líquido contenido en el tanque sobre la reducción del volumen disponible para disgregación vapor/líquido.

El líquido puede resultar de condensado que se forma durante un relevo de vapor por efecto de las expansiones o por corrientes líquidas que acompañan un relevo de vapor o gas. El volumen ocupado por el líquido estará basado sobre un relevo de al menos 20-30 minutos.

El espacio vapor debe ser el suficiente para asegurar la separación en el caso más crítico de operación.

La relación adimensional de longitud a diámetro del tanque (L/D) se recomienda utilizar un valor de 3 para presiones de operación de 0 a 17.5 kg/cm².

El nivel máximo de líquido en el tanque no debe exceder el 50% de su capacidad.

En la mayoría de los casos el nivel mínimo de líquido será de 152 mm (6 pulgadas), excepto cuando el caso requiera considerar un mayor nivel.

Cuando se desean grandes cantidades de almacenamiento de líquido y el flujo de gas es alto, un tanque horizontal es a menudo más económico.

El volumen del tanque debe ser referido a las líneas de tangencia, no se considera el volumen que pueden contener las cabezas.

Es recomendable colocar una alarma por alto nivel al 80% del nivel máximo. No se indicará alarma por bajo nivel, excepto en el caso de que exista arranque automático de bombas de recuperación de condensados. Si este es el caso se considera la alarma por bajo nivel al 20% del nivel máximo.

Para el tanque de desfogue y tanque de sellos, la selección de materiales y cálculo de espesores por presión interna, así como el diseño mecánico del recipiente deben estar de acuerdo al código ASME SECCIÓN VIII, Div. 1.

La mayoría de los tanques de desfogue y tanques de sello líquido operan a presiones relativamente bajas. Para asegurar condiciones seguras y una construcción firme, se sugiere una presión mínima de diseño de 3.5 kg/cm^2 (50 psig).

Los tanques de desfogue serán provistos con una bomba o servicios de drenado e instrumentación para remover los líquidos acumulados a un recipiente, línea de recuperación de drenajes u otra localización. El tipo real de disposición usado dependerá de las características del sistema y riesgo asociado con los líquidos removidos.

En algunos casos dependiendo de la disponibilidad de los servicios auxiliares (energía eléctrica, gas combustible y aire de servicios), es frecuentemente usada una bomba con accionador eléctrico o un sistema de desalojo neumático para remoción de líquidos del tanque de desfogue.

5.6 QUEMADORES DE CAMPO.

Es frecuente encontrar en la literatura técnica el término de "flare", el cual se asocia directamente a un quemador de campo.

Un "flare", es un quemador de campo especialmente diseñado para quemar en forma segura gases de desecho durante una operación normal o de emergencia, originados en refinerías, plantas químicas, terminales de almacenamiento, tuberías y servicios de producción, incluyendo instalaciones costa fuera.

Los quemadores de campo se pueden clasificar en; quemadores elevados, quemadores encerrados, quemadores de fosa y quemadores montados en brazo "boom".

El tema de quemadores y su aplicación es muy diversa, sin embargo en este trabajo únicamente se delimitara a los quemadores elevados para servicio costa fuera, específicamente para Plataformas de Compresión

Algunas de las consideraciones principales de seguridad en el diseño de un quemador de campo son; propiedades el fluido y masa a relevar, emisión de humo, estabilidad de flama, arrastre de líquidos, radiación térmica, riesgo de explosión, nivel de ruido, partes mecánicas movibles, espacio para su instalación, costos de instalación y operación, etc.

El hecho de que los quemadores sean elevados reside principalmente en mantener la flama y el calor generado que la misma irradia lo suficientemente alejado de los equipos de proceso y zonas de operación, de tal manera que no resulten dañados la infraestructura y el personal operativo, además de que los gases contienen en la mayoría de los casos sustancias tóxicas que se tienen que dispersar.

Un quemador elevado consiste de una chimenea, la cual puede ser guiada con una estructura soporte o autosoportada, con una boquilla de quemado, quemadores pilotos, con un sistema de gas combustible asociado, un ignitor y dispositivos auxiliares.

Algunas características y/o condiciones que deben tomarse en cuenta para decidir el diseño y la construcción de un quemador elevado en un sistema de desfogue son;

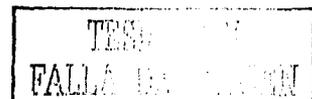
- a) El fluido manejado este en estado gaseoso, sea tóxico, corrosivo e inflamable.
- b) Se disperse con efectividad los productos de la combustión.
- c) Reducir la radiación del calor al nivel de piso, debido a que la boquilla en donde se lleva a cabo la combustión del gas, se monta en el extremo superior de la chimenea.
- d) Es apropiado para quemar grandes cantidades de gas, con niveles de ruido aceptables dependiendo del tipo de operación, normal o emergencia.
- e) Optimizar los espacios requeridos para la instalación con soporte estructural adecuado, minimizar los costos de instalación y operación.

5.6.1 CLASIFICACIÓN DE QUEMADORES ELEVADOS.

Otra clasificación que se hace de quemadores elevados es de acuerdo a su soporte estructural, los cuales son:

- a) Quemador tipo torre: es adecuado para instalarse en lugares donde las distancias disponibles con respecto a otros equipos están limitadas y se requiere soportar más de una boquilla de quemado, se recomienda para alturas mayores de 30.48 m (100 pies).

Se construye basándose en perfiles estructurales hasta formar una torre, la cual puede ser de sección triangular o rectangular, según sea el número de boquillas



soportadas. Sus características de solidez y resistencia deben proyectarse de manera que pueda soportar dos o tres boquillas.

- b) Quemador cableado: puede emplearse un solo diámetro de tubería hasta la boquilla de quemado, sin necesidad de estructura. Se construye equilibrando la tubería con cables de acero de alta resistencia o contraventeos a fin de soportar los efectos sísmicos, los del viento y los de su propio peso. Tiene la desventaja que se necesita mucho espacio. Cuando se tienen expansiones térmicas severas, debe tenerse cuidado en la manera de instalar los cables, en el ángulo que formen con la tubería elevada y en el número de cables que se utilicen.
- c) Quemador autosoportado: se usa principalmente en sistemas que demandan poca altura y espacios limitados. Su construcción se hace uniendo tuberías de mayor a menor diámetro. Generalmente se usan tres diámetros, el mayor se sujeta a un tanque de sello o un separador de líquidos. Tiene la desventaja de que puede verse sujeto a oscilaciones rítmicas producidas por el viento y se recomienda limitarlo a una altura máxima de 91 m (299 pies), además de que solo permite una boquilla de quemado.

En instalaciones costa fuera encontramos instalados varios tipos de quemadores elevados: en las Plataformas de Perforación se tiene quemadores del tipo "boom", en las Plataformas de Producción existe en la mayoría de los casos quemadores tipo torre para soportar más de una boquilla de quemado y su respectiva chimenea, y en las Plataformas de Compresión se tiene algunas veces quemadores elevados de tipo autosoportado y tipo torre.

5.6.2 CRITERIOS DE DISEÑO DE QUEMADORES ELEVADOS.

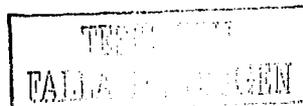
Entre los criterios de diseño básicos más relevantes de quemadores elevados se tienen los siguientes:

El diámetro del quemador se debe dimensionar con base a la velocidad de salida de los gases y la caída de presión a través de la boquilla, para la condición de flujo máximo.

Se deberá estimar una velocidad adecuada de salida de los gases a quemado para mantener una flama estable.

Para seleccionar la boquilla de quemado se debe determinar la presión máxima, temperatura máxima y la composición de los gases a quemar, así como el tipo de operación, considerando que en las descargas de desfogue más frecuentes se deberá operar sin emisión de humo y solo en caso de descargas de emergencia por periodos de tiempo muy cortos, puede permitirse la emisión de humo.

La velocidad de salida de los gases a quemar puede ser hasta 0.5 Mach, para los flujos máximos no frecuentes, manteniendo una velocidad de 0.2 Mach para condiciones de operación normal y más frecuentes, en los sistemas de desfogue de



baja presión. Sin embargo, la operación a velocidad sónica puede ser apropiada para quemadores de alta presión.

Se recomiendan caídas de presión de 2 psig a través de la boquilla de quemado.

La altura del quemador se debe determinar con base a la intensidad de calor radiante generado por la flama y al punto en el cual se requiera tener la intensidad de radiación máxima permisible, considerando que a partir del centro de la flama en línea vertical descendente hacia el nivel de piso, se obtienen los valores máximos de radiación.

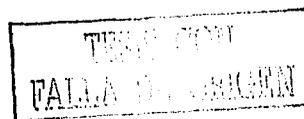
La estructura que soporta al quemador y puentes hacia el trípode del mismo, deberán soportar un valor de intensidad de radiación de 15.77 kW/m^2 ($5,000 \text{ BTU/hr ft}^2$), como mínimo.

A continuación se presenta la tabla 5.6.2.1, donde se indican niveles de radiación recomendados para diseño.

Tabla 5.6.2.1 Niveles de radiación recomendados para diseño
(Excluyendo la radiación solar).

No.	Condiciones	Nivel de radiación permisible. KW/m^2 (BTU/hr ft^2)
1	Cualquier localización donde personal esta continuamente expuesto.	1.58 (500)
2	Exposición del personal en área de trabajo con ropa apropiada por un corto intervalo de tiempo	4.73 (1,500)
3	Exposición del personal efectuando acciones de emergencia que no duren más de 1 minuto, con ropa apropiada.	6.31 (2,000)
4	Diseño del quemador a cualquier localización a la cual la gente tienen acceso (por ejemplo, al nivel abajo del flare o una plataforma de servicio cercana a una torre); la exposición será limitada a pocos segundos, suficientes para escape solamente.	9.46 (3,000)
5	Exposición sobre estructuras y áreas donde no haya personal operando, y donde cubiertas para calor radiante estén disponibles (por ejemplo atrás de equipo).	15.77 (5,000)
6	Falla estructural, madera encendida después de aproximadamente 1 minuto.	31.53 (10,000)

Debido a que el nivel de radiación permisible esta en función del periodo de exposición del personal, se debe considerar el tiempo en que reaccionan las



personas en percatarse de una situación de emergencia y el tiempo que se requiere para movilizarse.

En la siguiente tabla 5.6.2.2 se muestran los tiempos necesarios para alcanzar el umbral del dolor.

Tabla 5.6.2.2 Tiempos de exposición necesarios para alcanzar el umbral del dolor.

Intensidad de Radiación		Umbral del dolor (seg)
KW/m ²	BTU/hr ft ²	
1.74	550	60
2.33	740	40
2.90	920	30
4.73	1500	16
6.94	2200	9
9.46	3000	6
11.67	3700	4
19.87	6300	2

En los relevos de emergencia se considera que las personas reaccionan en un tiempo de 3 a 5 segundos y se requieren 5 segundos más, para que el personal se retire del área, por lo que resulta un periodo total de exposición de 8 a 10 segundos.

Cuando se manejan gases tóxicos debe considerarse también que el quemador tenga la altura suficiente para que la concentración de los mismos a nivel de piso, no exceda el límite aceptable de toxicidad en caso de que se extinga la flama del quemador.

El nivel de ruido para los quemadores elevados en la etapa de quemado normal no deberá rebasar los 90 decibeles, considerando que de acuerdo a OSHA este nivel de ruido permisible puede ser tolerado durante 8 horas por día, en un área cercana donde se llevan a cabo trabajos de mantenimiento.

En la etapa de quemado de emergencia 110 decibeles, considerando que también de acuerdo a la referencia anterior, este nivel de ruido permisible puede ser tolerado por un periodo corto de 15 minutos por día, a una distancia igual al límite de seguridad previsto para efectos de radiación.

La operación libre de humo del quemador puede llevarse a cabo por varios métodos, incluyendo inyección de vapor de agua, inyección de gases de desecho a alta presión, corriente de aire forzada, esparcido con agua, operación del quemador con un premezclador de quemado o distribución del flujo a través de muchos quemadores pequeños.



Los quemadores elevados con emisión de humo básicamente utilizan una boquilla convencional o también llamada utilitaria, constituida principalmente por un tubo, rompevientos, anillo de retención de flama, brida de montaje, pilotos y conexión de gas a piloto, así como el sistema de encendido de pilotos.

5.6.3 QUEMADORES DE TIPO SÓNICO.

La boquilla del quemador tipo sónico, fue desarrollada para proporcionar ciertas características de mejora en el quemado, como son: flama corta y direccional con bajos niveles de radiación y combustión sin humo, para reducir la chimenea del flare y los requerimientos estructurales de soporte.

Los quemadores de alta velocidad también llamados sónicos como su nombre lo indica utiliza altas velocidades de salida y momentum para inducir entrada de aire hacia la flama y mejorar el funcionamiento sin el uso de algún otro equipo, tal como sopladores de aire. Para desarrollar esta alta velocidad de salida, el quemador requiere presiones mayores a las usadas en los quemadores convencionales.

Adicionalmente, este tipo de quemador es sin humo a la capacidad máxima y puede manejar entradas de líquido hasta de un 20% en peso de la proporción de gas, suministrando una mezcla homogénea de gas y no como tapones de líquido. Algunos diseños tienen brazos múltiples con sus boquillas respectivas de acero inoxidable.

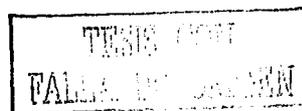
Actualmente, el API-RP-521 reconoce ahora que las velocidades sónicas (1.0 Mach) son apropiadas para diseño de quemadores para alta presión. El límite de 0.5 Mach es solo para quemadores de baja presión. También describe las ventajas o bondades del quemado a alta presión y velocidades sónicas.

Es importante indicar, que el diseño de flare de alta velocidad varía significativamente con el tipo de gas y flujo manejado, así como la presión de operación disponible del sistema integral de desfogue, además de que actualmente los diseños comerciales son patentes exclusivas de los fabricantes reconocidos en el medio.

Resumiendo, este tipo de quemador tiene varias ventajas técnicas, entre las que destacan principalmente; el quemado sin humo, diseño compacto, estabilidad de flama, efectos del viento reducidos, bajos niveles de radiación, longitudes cortas de chimenea, vida útil larga, no hay exposición directa del metal de la boquilla con la flama.

5.7 SELLOS DE GAS.

Para propósitos de seguridad un flujo pequeño de purga con gas libre de oxígeno es conveniente manejar a través de la chimenea del quemador. La prepurga desplaza cualquier aire existente desde la chimenea, y la purga continua asegura que el aire atmosférico no entre a la chimenea a través de la boquilla del quemador durante condiciones de bajo flujo.



Con relación a los sellos de gas pueden estar ubicados dentro de la boquilla de quemado o inmediatamente debajo de esta, y su función es básicamente reducir la cantidad de gas de purga requerido en forma continua, para prevenir la entrada de aire hacia la chimenea del quemador.

Estos dispositivos son de un diseño mecánico, los cuales pueden ser; sello integral, sello laberinto o sello fluídico.

a). Sello integral; este sistema muy sencillo por cierto consiste en un cilindro y en un cono interno, el cual actuando como un orificio, aumenta la velocidad de los gases con su consecuentemente mejora en la eficiencia de los gases de purga.

Estos sellos van montados en la parte inferior de las boquillas, son relativamente más económicos y tienen una menor caída de presión comparada con los sellos de laberinto.

La cantidad de gas de purga que necesita es similar a la de los sellos laberinto excepto en el caso de grandes diámetros (mayores a 24") cuando su eficiencia decrece rápidamente. No son adecuados para quemadores de gran diámetro.

b). Sello laberinto; la configuración interna de estos sellos provoca dos cambios de 180° en la dirección del flujo de gas, causando una interfase de gas-aire dentro del mismo sello. El aire no puede introducirse dentro del quemador a menos que se rompa la interfase de aire/gas, por tal motivo es que se purga el sistema.

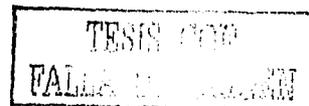
Estos sellos han probado ser satisfactorios por muchos años en diámetros nominales desde 2" hasta 72"; además de que son más seguros que los otros tipos pero más costosos.

Poseen una caída de presión relativamente elevada (3 a 3.5 veces la caída de presión dentro de la boquilla).

c). Sello fluídico; este sello permite el libre flujo de gases de desecho en solo una dirección, si se llegara a introducir aire hay una rápida inversión de dirección para evitar la formación de mezclas gas/aire y que penetren al interior de las boquillas de quemado y chimeneas elevadas.

Sin codos complejos o baffles para restringir el flujo de gas de desecho o purga. No hay partes móviles.

Un sello fluídico pesa solamente de un diez a veinte veces menos que un similar en capacidad, sello integral o laberinto. Esto reduce las cargas estructurales y por viento sobre las chimeneas elevadas.



5.8 SISTEMA DE ENCENDIDO.

En este punto se proporcionan algunos tipos de sistemas de encendido para quemadores de gas elevados, definiciones, descripciones y características operacionales.

Un sistema de encendido es un elemento o equipo que nos permite la ignición de los gases que se envían al quemador elevado, entre los cuales existen los convencionales y los electrónicos.

El tipo de sistema de encendido que ha sido usado más frecuentemente ha sido el tipo generación de frente de flama, el cual usa una chispa desde una localización remota para encender los pilotos y la mezcla flamable. Sin embargo, dados los avances en tecnologías este tipo de sistema convencional, ha sido desplazado por los sistemas de encendido electrónico.

5.8.1 PILOTOS.

Para asegurar la ignición de los gases enviados al quemador, los pilotos continuos con un medio de ignición remoto son recomendados para todos los quemadores.

Los pilotos deben ser adecuados para producir una flama constante al quemador a pesar de las condiciones atmosféricas más adversas. El gas necesario para la flama varía con el diseño del piloto y la velocidad del viento.

Un piloto esta integrado básicamente por los siguientes componentes principales;

- a). Boquilla del piloto.
- b). Cuerpo del piloto.
- c). Ignitor.
- d). Venturi mezclador y filtro; en esta sección del piloto en cuyo interior se lleva a cabo el mezclado y filtrado de la mezcla gas aire necesaria para la combustión. Esta mezcla es enviada al quemador a través de un venturi donde se produce una velocidad tal que evita en parte el retroceso de la flama.

El piloto debe ser encendido en forma automática desde un panel de control remoto. El gas combustible a los pilotos e ignitores deberá ser limpio y confiable.

Generalmente el número de pilotos esta en función del tipo de gas a quemar y del diámetro de la boquilla del quemador elevado, así como del respaldo requerido para contrarrestar el efecto del viento y evitar que la flama se apague. En diámetros grandes en ocasiones se instalan hasta 3 pilotos colocados a 120 grados uno con respecto al otro.

5.8.2 GENERADOR DE FRENTE DE FLAMA.

Entre los sistemas de encendido el convencional y antiguamente usado, esta el generador de frente de flama, el cual es activado manualmente o automáticamente desde una localización remota.

Este sistema consiste en un tablero de encendido, donde una corriente de gas combustible y aire comprimido son mezclados. La mezcla para la combustión se hace en una cámara de combustión, en la que una chispa necesaria para el encendido la proporciona una bujía excitada por un transformador eléctrico, la mezcla se enciende y un frente de flama se lanza sobre un tubo para encender los pilotos.

El tablero de encendido debe especificarse a prueba de explosión y para uso a la intemperie de acuerdo a la clase I, división I, grupo D.

El sistema de encendido, debe contener como mínimo lo siguiente:

Válvula de corte entrada de aire y gas combustible, indicadores de presión de aire y gas combustible, transformador de encendido, cámara de combustión, mezclador, líneas de aire y gas combustible completas con todos sus accesorios, interruptores selectores, alarma por falla de flama en pilotos, termopares detectores de temperatura, luces indicadoras para cada piloto, válvulas solenoides para aire y gas combustible, válvulas solenoides para cada línea de encendido, distribuidor de encendido.

En algunas ocasiones es difícil ver si los quemadores piloto están encendidos en un día soleado, por lo cual los termocoples sobre el piloto activan el sistema de alarma para advertir de una falla o apagado de la flama del piloto.

5.8.3 SISTEMA DE ENCENDIDO ELECTRÓNICO.

Los tipos de encendido comúnmente utilizados son los que se describen a continuación;

a). Piloto con sistema de encendido electrónico.

La boquilla del quemador deberá estar equipada con pilotos encendidos continuamente. El sistema de encendido de los pilotos debe ser altamente confiable, de encendido electrónico y contar con monitoreo del estado de los pilotos, ya sea por el principio de ionización de flama o con termopar, reencendido automático o manual. Cada piloto deberá tener controles de encendido y monitoreo individual, los cuales pueden estar integrados en un panel de control.

El panel de control de encendido deberá especificarse a prueba de explosión y para uso a la intemperie, de acuerdo a la clase I, grupo D, división I.

El piloto aspira aire atmosférico y con el combustible alimentado al piloto, forma una mezcla combustible, la cual pasa a la boquilla del piloto. La boquilla del piloto incluye un electrodo de alto voltaje, el cual es excitado con corriente alterna de alto voltaje, formando un arco eléctrico que es descargado creando una chispa que enciende la mezcla aire-combustible en la boquilla del piloto.

Para operar el monitoreo por ionización de flama, el electrodo es excitado con un pequeño potencial de corriente alterna aplicado entre el electrodo y la tierra. Si no se presenta flama se detecta un circuito abierto. Sin embargo, si existe flama, la boquilla del piloto contendrá una nube de gas ionizado (ionización de flama). Estos gases ionizados crean un circuito cerrado entre el electrodo y la tierra.

b). Piloto con encendido eléctrico de gas.

Este sistema consta de un ducto para el frente de flama que toma la mezcla aire-gas combustible del tubo de alimentación de gas al piloto, y que es encendida por una descarga de corriente directa de alto voltaje, por lo que no requiere de aire comprimido para el encendido.

A continuación se muestra la tabla 5.8.3.1, en la que se presentan condiciones de operación típicas de gas y aire en un sistema de encendido.

Tabla 5.8.3.1 Valores de operación del gas y aire en un sistema de encendido.

Servicio	Flujo (pie ³ /h)	Presión (lb/in ²)
Gas para encendido	200	14 a 30
Aire para encendido	30	2
Gas a pilotos	100 a 300	14 a 30

Actualmente, algunos fabricantes han mejorado los diseños de pilotos, para reducir el consumo de gas hasta 50 SCFH (gas natural a 10 psig), obteniéndose ahorros sustanciales.

Con respecto al monitoreo del estado de los pilotos, las técnicas y equipos comerciales se han enfocado sobre el calor y la luz de la flama del piloto. Los termocoples y cámara infrarroja han sido aceptadas tradicionalmente. Sin embargo, estos sistemas tienen limitaciones y desventajas que se tienen que analizar y evaluar en varias circunstancias antes de seleccionar alguna de estas para su aplicación.

A nivel de desarrollo un grupo de trabajo de diseño de tecnología de quemadores, desarrolló un nuevo sistema que esta basado sobre la porción de energía liberada de la flama del piloto como sonido ²⁹.

En particular, el sistema de monitoreo acústico es respuesta a la diferencia entre el sonido ocasionado por la boquilla de quemado del piloto y de un piloto sin flama. La selectividad acústica de este sistema permite monitorear un piloto específico e ignorar sonidos extraños, tales como aquellos generados por otros pilotos, la flama de la boquilla de quemado o vapor usado para la supresión de humo. Sin embargo, en la actualidad no se tiene comercialmente un producto introducido al mercado en fechas recientes, probablemente en corto tiempo se pueda disponer de este tipo de desarrollo.

5.9 GAS DE PURGA.

Alternativamente, para evitar la penetración de aire por la parte superior del quemador y prevenir de un retroceso de flama se usa un flujo continuo de gas de purga o gas de barrido.

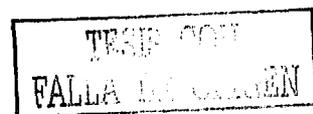
Como se indico anteriormente un sello de gas en la parte superior del quemador reduce drásticamente los requerimientos de flujo de gas de purga y desempeña un papel importante en la conservación de la energía.

Las chimeneas de los quemadores deben ser purgadas con gas combustible para asegurar la operación confiable del quemador, principalmente para proteger contra explosión y detonación.

Por lo que debe mantenerse un flujo positivo de gas libre de oxígeno, permitiendo que la concentración de oxígeno no sea mayor del 6 por ciento a 7.6 m (25 pies) de la boquilla de quemado.

Se recomienda introducir el gas de purga directamente al inicio del cabezal principal de desfogue, así como de los subcabezales y ramales con objeto de efectuar el barrido de líneas y tanques, hasta la boquilla de quemado.

Un criterio conservador para determinar cuanto gas de purga previene la entrada de aire, fue obtenido de algunos resultados experimentales en los cuales se sugiere una velocidad de salida sin un sello de gas de 1-3 pies/seg.



CAPITULO VI

6.0 DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DE SISTEMAS DE DESFOGUE EN PLATAFORMAS DE COMPRESIÓN MARINAS.

En este capítulo, se presenta un procedimiento de ingeniería para análisis y diseño de sistemas de desfogue en Plataformas de Compresión Costa Fuera basándose de acuerdo a la norma ISO 9001 versión 2000, con objeto de insertarlo en el contexto de la Documentación del Sistema de Calidad de una empresa o institución que proporcione servicios de desarrollo de Ingeniería Básica. Por lo cual, en principio se describe en forma general que son las normas ISO 9000, última edición, como están estructuradas y de que se conforma la Documentación del Sistema de Calidad y posteriormente se desarrolla el procedimiento de diseño con base a los lineamientos mínimos requeridos marcados por la norma referida.

6.1 CONCEPTOS GENERALES DE ISO 9000 Y CARACTERÍSTICAS RELEVANTES DE LA NORMA ISO 9001:2000.

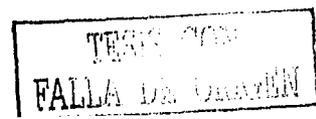
Las siglas ISO significan Organización Internacional para la Normalización, cuya sede se encuentra en Ginebra, Suiza, fue creada en 1947 y a esta pertenecen más de 100 países miembros.

La palabra ISO no son las siglas de la organización, sino que se deriva de la palabra griega "ISOS" que significa igualdad, que busca expresar igualdad y uniformidad en al normalización. ISO tiene la tarea de elaboración y emisión de normas internacionales para procesos y productos de todo tipo de rama industrial.

ISO 9000 es la Norma Internacional para la Administración de la Calidad, no esta orientada al producto o servicio sino al sistema. En otras palabras, ISO 9000 es una serie de normas establecidas por la Organización Internacional para la Normalización, que establece los requerimientos mínimos que una empresa debe cubrir dentro de su operación para asegurar adecuadamente la calidad de sus productos y/o servicios.

La serie ISO 9000, se estructura en normas contractuales, para regular las exigencias del cliente a como debe operar el proveedor, y normas no contractuales que sirven como guía para la implantación de las primeras. Dentro de las normas contractuales destaca la ISO 9001 que se aplica a empresas que diseñan, producen y venden productos y/o servicios.

La norma ISO 9001 especifica los requisitos para un sistema de administración de la calidad que pueden utilizarse para su aplicación interna en las organizaciones, para certificación o con fines contractuales. Se centra en la eficacia del sistema de administración de la calidad para dar cumplimiento a los requisitos del cliente.



La norma ISO 9002 a su vez es una versión reducida de la ISO 9001, que se aplica a empresas que solamente producen y venden, sin que se desarrollen la etapa de diseño del producto y/o servicio.

Por último la ISO 9003, es una norma contractual para empresas que no producen y sólo requieren de un control de calidad de los productos.

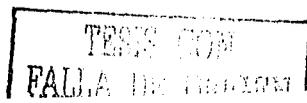
Entre las normas no contractuales se encuentran la ISO 9000 que es una introducción a las normas y su uso, la ISO 9004 que describe la forma de implantar y operar un sistema de calidad dentro de una empresa manufacturera y la ISO 9004-2 equivale a está última para empresas de servicios.

Entre las características más importantes de la norma ISO 9001 versión 2000, se tienen las siguientes ⁽³²⁾:

- (a). Enfoque a procesos, es decir, su estructura es de tal forma que facilita la idea de que todos los procesos están enlazados y que los resultados de uno tienen fuerte influencia en las entradas del siguiente.
- (b). La alta Dirección debe estar presente y proporcionar sentido de rumbo, debiéndose entender que éste no se debe limitar a los mercados, sino que además debe incluir la dirección de las personas, asegurar su compromiso de áreas y mantener la conciencia entre el personal de la organización respecto a la importancia de satisfacer los requisitos del cliente.
- (c). La organización debe establecer procesos para la mejora continua.
- (d). El sistema de administración de la calidad, debe asegurar la confianza del cliente y que sus requisitos sean totalmente comprendidos y satisfechos.
- (e). Las actividades de planeación deben incluir objetivos para cada una de las funciones relevantes y sus respectivos niveles dentro de la organización.
- (f). El uso de la información generada por el sistema para facilitar la mejora en los datos, los resultados de auditorías internas y la medición de la satisfacción del cliente.
- (g). Los requerimientos de la norma son genéricos y aplicables a todas las organizaciones independientemente del tipo, tamaño o producto.
- (h). Se pasa del aseguramiento a la administración de la calidad.

Por otra parte, la aplicación de estas normas tiene las siguientes ventajas:

*Se logra la reducción de reprocesos, retrabajos, tiempos no productivos, ineficiencias y costos de no calidad, fortalece la planeación, control, mejora continua



y aseguramiento de la calidad en todos los procesos clave, desarrolla una cultura de calidad, mejora la imagen de la empresa ante sus mercados, es una herramienta estratégica de competencia, se logra además que una firma de ingeniería organice la manera de trabajar cotidianamente.

6.2 DOCUMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CALIDAD.

La norma exige que el Sistema de Calidad este bien documentado. La documentación del Sistema de calidad sirve como referencia permanente para la implantación, mantenimiento y mejora del propio sistema documental, y es utilizado en las actividades que se desarrollan en los proyectos industriales.

Con base a la figura 6.2.1, y tomando en cuenta la estructura y tamaño de la organización de la empresa, se considera conveniente integrar la documentación del Sistema de calidad en los niveles que se describen a continuación, con objeto de que se utilice y mantenga la información adecuada de acuerdo a la actividad y nivel de responsabilidad.

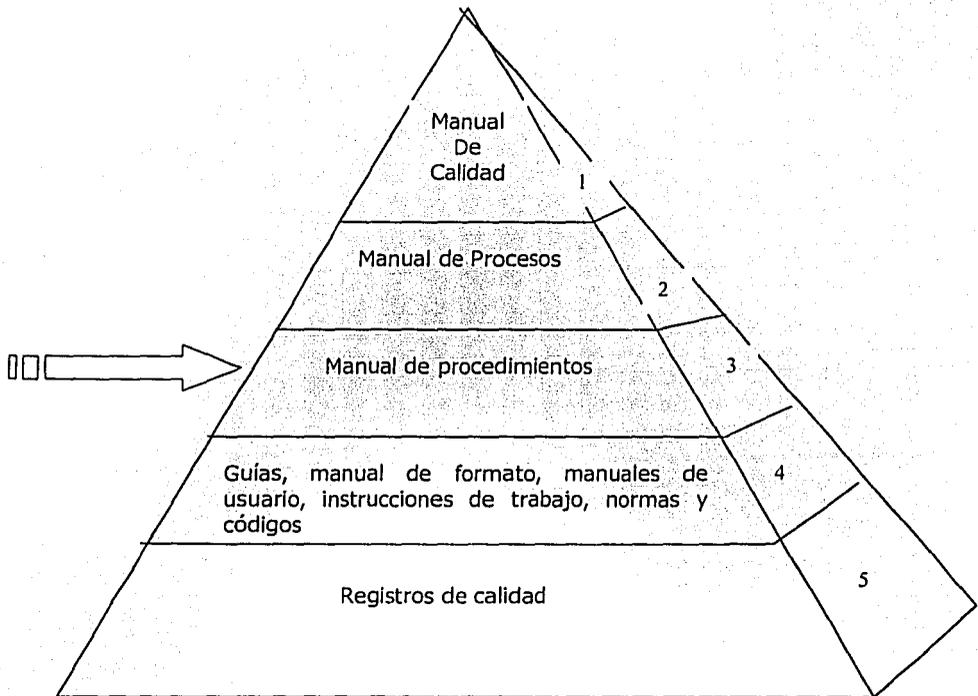


Fig. 6.2.1 Documentación del Sistema de Calidad.

Primer nivel; Manual de Calidad, donde se describe la política y objetivos de calidad que se persiguen, la organización para la calidad y una descripción de los elementos del Sistema de Calidad.

Segundo nivel; Manuales de Proceso, el cual esta formado por los manuales de cada proceso con el siguiente contenido:

- Descripción, entradas y salidas del proceso a nivel 1, 2 y 3.
- Diagramas del proceso a nivel 2, 3 y 4.
- Objetivos, meta e indicadores del proceso.
- Matriz de responsabilidades de participantes por cada proceso a nivel 2, 3 y 4.
- Interfases entre el Proceso Administrar Calidad y los otros procesos de la empresa.

Tercer nivel; Manuales de procedimientos, contiene el total de los procedimientos de cada proceso. La documentación de los procedimientos se debe regir por una guía para elaboración de manuales de procedimientos.

Cuarto nivel; Guías, Manual de formatos, manuales de usuarios o instrucciones de trabajo, especificaciones, normas, códigos.

Quinto nivel; Registros de calidad. Todos los documentos que sirvan de evidencia de la implantación del proceso de Administrar Calidad y que hayan sido definidos para el control de los procesos.

Es conveniente indicar, que el enfoque de la documentación del sistema de calidad debe tener en mente el proceso de proporcionar servicios de ingeniería, y que los niveles descritos anteriormente no son alcances específicos del tema de tesis, sino que se revisan en forma muy general, con el objeto de poder visualizar donde tiene incursión el procedimiento de diseño de sistemas de desfogue, el cual se desarrolla en puntos posteriores.

6.3 ASPECTOS A CONSIDERAR RELACIONADOS CON LAS FILOSOFÍAS DE OPERACIÓN Y PARO DE EMERGENCIA.

El sistema de paro de emergencia (ESD) de una plataforma de compresión tiene como propósito principal una filosofía de operación con acciones destinadas a la protección del personal, instalaciones y medio ambiente, así como a la prevención de posibles incidentes, accidentes y emergencias causadas por un comportamiento anormal en el sistema de proceso en la operación de compresión y transporte de gas, detección de fallas de suministro de energía eléctrica y/u otros servicios prioritarios, situaciones de detección de altas concentraciones de gas tóxico, gas combustible y/o flama en áreas de equipo de proceso y servicios.

Un sistema integral automático de paro de emergencia es recomendable que este formado por 3 subsistemas independientes, pero comunicados entre sí.

- a).- Sistema Básico Controlador del Proceso (SBCP).
- b).- Sistema Automático de Paro por Emergencia (ESD).
- c).- Sistema de detección de gas y fuego.

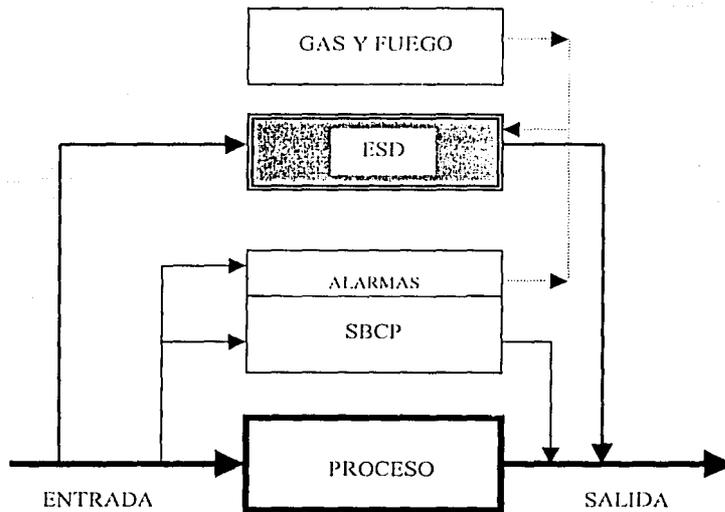


Fig. 6.3.1 Estratos Protectores.

De acuerdo con la figura 6.3.1 y tomando como punto central el proceso, éste es controlado en primera instancia por el SBCP de una manera directa cíclica, con base a puntos de ajuste previamente establecidos. Mientras tanto, el ESD permanece a la expectativa para detectar con sus propios elementos sensores, posibles condiciones anormales antes de su entrada al proceso y actuar en forma instantánea para evitar la afectación del mismo; así como bloqueo de las salidas alteradas, en el caso de una operación que no haya podido controlar el propio SBCP a través de sus elementos sensores y finales.

Por otro lado, si el riesgo inminente es de una fuente externa, es detectado por el sistema de gas y fuego, se entablará la comunicación entre los sistemas para iniciar el paro programado por el SBCP y el corte de las entradas y salidas por el ESD. ⁽³³⁾

Finalmente, la funcionalidad del ESD considera las siguientes acciones principales:

- I. Paro de emergencia por condiciones de proceso.
- II. Paro de emergencia por acción manual.
- III. Paro de emergencia por condiciones de seguridad.

De lo anterior se observa que la filosofía de paro de emergencia por condiciones de proceso es única y particular, la cual depende de cada proceso específico, del análisis riguroso de riesgo del proceso y la matriz lógica de paro. Con relación a las filosofías de paro por condiciones de seguridad, están vinculadas a condiciones

externas al proceso, como son detección de gas tóxico, gas combustible o fuego, y particularmente en instalaciones costa fuera a contingencias ambientales como ciclones y huracanes.

Adicionalmente, es conveniente aclarar que la modificación al sistema de paro de emergencia propuesta en el desarrollo del tema, es con respecto a la configuración de un paro programado secuencial en los compresores de alta presión y válvulas de venteo asociadas al sistema Balance de Planta (BOP), el cual afecta directamente la lógica operativa y software del ESD.

En el caso de la Plataforma de Compresión CA-AC-4, el sistema de paro de emergencia como su nombre lo indica, realizará y mandará señales de paro de todos los equipos de compresión y cierre de válvulas principales de suministro y descarga de gas de la Plataforma, así como de las válvulas principales de cada paquete de separación en el balance de planta.

Las señales que activarán el paro de emergencia son: cualesquiera de las estaciones manuales instaladas en el nivel de compresión y nivel de separación de cada turbocompresor, interruptores asociados a las variables principales de proceso que detecten posibles condiciones anormales de operación, estaciones manuales en primer nivel y cuarto de control, así como el sistema de detección de gas y fuego, el cual tiene salida digital hacia el sistema ESD cuando se detecta fuego.

La determinación del alcance específico de las actividades es complicado y no están incluidas en este trabajo, el alcance se tendría que definir a través de un análisis riguroso de riesgo, y modificaciones al diseño original del SPE e implicaciones técnicas y económicas, el cual formaría parte de otro tema de tesis.

6.4 DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA DE DESFOGUE EN PLATAFORMAS DE COMPRESIÓN COSTA FUERA.

En este punto se incluye el procedimiento de análisis y diseño del sistema de desfogue en Plataformas de Compresión desarrollado de acuerdo a la norma ISO 9001:2000.

El procedimiento técnico tiene como finalidad los siguientes objetivos:

(A).- Definir los requerimientos y lineamientos técnicos mínimos necesarios, para realizar el análisis y diseño en forma integral del sistema de desfogue para hidrocarburos compresibles, en una Plataforma de Compresión Costa Fuera.

(B).- Definir los requerimientos y lineamientos técnicos mínimos necesarios para desarrollar el análisis de presión dinámica y determinación de flujos instantáneos de descarga en líneas de venteo y depresurización del sistema de compresión de gas.

Adicionalmente, el procedimiento referido tiene el beneficio de poder integrarse y formar parte de un sistema documental de calidad de una institución, que entre sus procesos se encuentre el servicio de desarrollo de ingeniería.

La aplicación del procedimiento permitirá estandarizar diseños de sistemas de desfogue en instalaciones Costa Fuera, desarrollar Ingeniería Básica con calidad que pueda estar sujeta a certificación externa, reducir horas hombre y costos por diseño de Ingeniería, así como fortalecer el desarrollo de una cultura de calidad e innovación a los diseñadores actuales y futuros, así como incursionar en los programas de mejora continua.

A continuación se presenta el procedimiento de Análisis y Diseño de Sistemas de Desfogue en Plataformas de Compresión Costa Fuera:

6.4.1 REFERENCIAS.

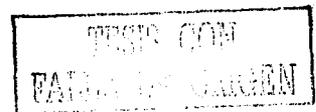
- Manual de procedimientos técnicos del proceso PS-IN.
- API-RP-521, American Petroleum Institute, "Guide for Pressure-Relieving and Depressuring Systems", Fourth Edition, March 1997.
- API-RP-520, American Petroleum Institute, "Sizing, Selection, and Installation of Pressure-Relieving Devices in Refineries". Part I y II, Seventh Edition, January 2000.
- ASME Sección VIII, División 1. Párrafos UG-125 hasta UG-126.
- ASME B31.3, American Society of Mechanical Engineers, "Chemical Plant and Petroleum Refinery Piping", April 15, 1999. Pipeline Transportation Systems for Liquid Hydrocarbon and others Liquids, 1998 Edition.
- API-STD-526, American Petroleum Institute, "Flanged Steel Pressure Relief Valves", Fourth Edition, June 1995.
- API-STD-527, American Petroleum Institute, "Seat Tightness of Pressure Relief Valves", Third Edition, July 1991
- API-RP-576, American Petroleum Institute, "Inspection Pressure Relief Devices", Second Edition, December 2000.
- NRF-031-PEMEX-2001, "Sistema de Desfogues y Quemadores en Instalaciones de Pemex Exploración y Producción", Revisión 0, Noviembre de 2001.

6.4.2 DEFINICIONES.

ACUMULACIÓN:

Es el incremento de presión sobre la presión de operación máxima permisible (MAOP) del recipiente, para conseguir la apertura total de la válvula durante la descarga a través del dispositivo de relevo de presión, expresada en

- unidades de presión o como un porcentaje de la MAOP o presión de diseño. La acumulación máxima permisible esta establecida por códigos aplicables para operación de emergencia y contingencias por fuego.
- ÁREA DE DESCARGA EFECTIVA:** Una área calculada o nominal usada con un coeficiente de descarga efectivo, para calcular la capacidad de relevo requerida mínima para una válvula de relevo de presión por las ecuaciones de dimensionamiento preliminar, contenidas en las prácticas recomendadas de ingeniería.
- CONDICIONES DE RELEVO:** El término es usado para indicar la presión y temperatura de entrada al dispositivo de relevo de presión durante una condición de sobrepresión. La presión de relevo es igual a la presión de ajuste de la válvula más la sobrepresión. (La temperatura del flujo de fluido a las condiciones de relevo puede ser más alta o más baja que la temperatura de operación).
- CONTRAPRESIÓN:** Es la presión que existe a la salida de un dispositivo de relevo de presión, como un resultado en el sistema de descarga. Ésta es la suma de las contrapresiones desarrollada y superimpuesta.
- DISPOSITIVO DE RELEVO DE PRESIÓN:** Es actuado por la presión estática a la entrada y diseñado para abrir durante una emergencia o condiciones anormales para prevenir un incremento en exceso de presión interna del fluido sobre un valor especificado.
- ESPESOR NOMINAL:** Es el espesor dado por el fabricante en una tubería o ducto y que se encuentra marcado en el material, el cual deberá de cumplir con las tolerancias de fabricación y estándares.
- FLUJO VOLUMÉTRICO:** Es una cantidad de flujo de gas a determinadas condiciones de presión y temperatura. Cuando se abrevia MMSCFD, corresponde a millones de pies cúbicos estándar por día a 60 °F y 1 atmósfera.
- PRESIÓN DE AJUSTE:** Es la presión manométrica de entrada a la cual el dispositivo de relevo de presión se ajusta para abrir bajo las condiciones de servicio.
- PRESIÓN DE DISEÑO:** La presión de diseño del recipiente junto con la temperatura de diseño se usa para determinar el



espesor mínimo permisible o características físicas de cada componente del recipiente, de acuerdo al código de diseño del recipiente.

SOBREPRESIÓN:

Es el incremento de presión permitido sobre la presión de ajuste del dispositivo de relevo para llevar a cabo el flujo. Esta es expresada en unidades de presión o como un porcentaje. Y es lo mismo que acumulación solo cuando el dispositivo de relevo se ajusta para abrir a la presión de diseño del recipiente.

VELOCIDAD SÓNICA:

Es la velocidad máxima posible de un fluido compresible en una tubería, es equivalente a la velocidad del sonido en el fluido.

6.4.3 DESARROLLO.

• **OBJETIVOS.**

Definir los requerimientos y lineamientos técnicos mínimos necesarios, para realizar el análisis y diseño en forma integral del sistema de desfogue para hidrocarburos compresibles, en una Plataforma de Compresión Costa Fuera.

Definir los requerimientos y lineamientos técnicos mínimos necesarios para desarrollar el análisis de presión dinámica y determinación de los flujos instantáneos de descarga en líneas de venteo y depresurización del sistema de compresión de gas.

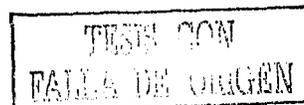
• **ALCANCE.**

- A). Determinación de la capacidad máxima de manejo de gas en los quemadores elevados de la Instalación Costa Fuera. (*)
- B). Revisión y determinación de la capacidad de manejo de gas de las válvulas de control de presión asociadas al sistema de quemadores de la Instalación Costa Fuera. (*)
- C). Determinación de la distribución de flujos de gas a quemadores elevados de la Instalación Costa Fuera, a través de cabezales principales asociados. (*)
- D). Verificación de la capacidad máxima de relevo del cabezal principal y ramales de desfogue de la Instalación Costa Fuera. (*)
- E). Determinación de capacidad máxima de manejo de gas de los tanques de desfogue en la Instalación Costa Fuera. (*)

- F). Verificación del diseño de las válvulas de relevo de presión, válvulas de control de presión y válvulas de venteo de la Plataforma de Compresión, en cada una de las secciones del proceso (compresores de baja presión, separación de presión intermedia, compresores de alta presión y manejo de condensados), así como de servicios auxiliares (gas combustible, etc.). (*)
- G). Determinación de los flujos instantáneos de las válvulas de venteo asociadas al proceso de compresión y servicios auxiliares en la Plataforma de Compresión. (*)
- H). Análisis y determinación de las cargas al sistema de desfogue de la Plataforma de Compresión. (**)
- I). Análisis, simulación de presión dinámica y determinación de los flujos instantáneos de descarga en los módulos de compresión de baja presión de la Plataforma de Compresión. (**)
- J). Análisis, simulación de presión dinámica y determinación de los flujos instantáneos de descarga en los módulos de compresión de alta presión de la Plataforma de Compresión. (**)
- K). Determinación del arreglo óptimo de las válvulas de venteo interetapa en los módulos de compresión de alta presión de la Plataforma de Compresión, en caso de sistemas de compresión con varias etapas de compresión. (**)
- L). Determinación de los flujos máximos instantáneos de descarga de las válvulas de venteo interetapa en los módulos de compresión de alta presión de la Plataforma de Compresión, con base a las filosofías de paro simultáneo y paro programado secuencial de los módulos de alta presión. (**)
- M). Diseño del quemador elevado independiente para la Plataforma de Compresión. (**)
- N). Diseño del tanque de desfogue y bombas de recuperación de condensados para la Plataforma de Compresión. (**)
- O). Dimensionamiento y determinación de contrapresiones y velocidades en la red de desfogue (líneas de descarga de válvulas de relevo de presión, cabezales y ramales). (**)
- P). Elaboración de los documentos entregables del diseño de Ingeniería Básica, (hojas de datos de quemador, tanque de desfogue, bombas de condensados, válvulas de gas a pilotos, diagramas de tubería e instrumentación, índice de servicios, lista de líneas, etc.). (**)

* Aplica solo en caso de la etapa de revisión del diseño de un sistema de desfogue de la Instalación Costa Fuera.

** Aplica en caso de la elaboración de un diseño completamente nuevo del sistema de desfogue de la Plataforma.



- **PROCEDIMIENTO.**

- Especialista 1:
- Recopilación y análisis de la información técnica de los quemadores elevados, válvulas de control de presión, tanques de desfogue y líneas de desfogue asociadas a la Instalación Costa Fuera, condiciones de operación, dimensiones y características, especificaciones, ubicación, etc.
- Especialista 2:
- Recopilación y análisis de la información técnica del sistema de proceso de compresión de gas en baja y alta presión, así como de los servicios auxiliares (gas combustible y manejo de condensados), relacionada con los siguientes aspectos técnicos; filosofías de operación del sistema de compresión y gas combustible, dimensiones y características de válvulas de relevo de presión, válvulas de control de presión y válvulas de venteo asociadas al proceso y servicios auxiliares. (Ver diagramas de tubería e instrumentación de proceso y servicios auxiliares de la instalación.)
 - Recopilación y análisis de las hojas de datos de las válvulas de relevo de presión, válvulas de control de presión y válvulas de venteo asociadas al proceso y servicios auxiliares. Para determinar dimensiones, especificación de la válvula, condiciones de operación, flujo manejado, presión y temperatura de operación, condiciones de relevo, presión de ajuste, así como las características físicas, químicas y de transporte del fluido manejado.
- Especialista 3:
- Recopilación y análisis de la ubicación de los dispositivos de relevo de presión, con objeto de determinar rutas y trayectorias de líneas de desfogue, cabezales y ramales de desfogue hacia el sistema de disposición final, además de visualizar áreas factibles para localización de equipo, tanque de desfogue, bombas de condensados y quemador elevado. (Ver planos de localización de equipo de la instalación.)
- Especialista 1:
- Elaboración de las bases de diseño con objeto de documentar los aspectos técnicos más relevantes; especificaciones de las corrientes de gas de baja y alta presión, características de equipo, condiciones de operación, filosofía de operación del sistema de compresión, propiedades del fluido manejado, etc., así como los criterios, consideraciones y bases para el diseño del sistema de desfogue en forma integral.

- Especialista 2:
- Determinación con base en un simulador de proceso, (SIMPROC, PRO-II, HYSYS, ASPEN) las propiedades físicas, químicas y de transporte del gas enviado al quemador elevado por medio de los dispositivos de relevo de presión y/o depresurización, válvulas de relevo, válvulas de control o válvulas de venteo, así como la determinación de la cantidad y propiedades físicas, químicas y de transporte de condensado formado debido a la expansión del gas.
- Especialista 3:
- Determinar la capacidad máxima de manejo de gas en los quemadores elevados para un número de Mach de 0.7, por medio de un programa convencional para diseño y simulación de quemadores elevados (método Brzustowski) y elaboración de la tabla de resultados con sus conclusiones y recomendaciones correspondientes.
- Especialista 1:
- Determinar la capacidad máxima de manejo de gas en las válvulas de control de presión de los cabezales generales de succión del sistema de compresión, asociadas a los quemadores elevados, por medio de un programa convencional para diseño y simulación de válvulas de control (método Fisher o ISA) y elaboración de la tabla de resultados con sus conclusiones y recomendaciones particulares.
- Especialista 2:
- Determinar la distribución de flujos de gas a quemadores elevados, con base a las capacidades máximas de manejo de gas en estos equipos, proponiendo las alternativas más factibles en torno a los quemadores de mayor capacidad y elaboración de las tablas de resultados con sus conclusiones y recomendaciones correspondientes.
- Especialista 3:
- Determinar la capacidad máxima de manejo de gas en los cabezales de menor diámetro interconectados a los cabezales principales de desfogue, los cuales envía el gas a los quemadores finales, con base a un número de Mach de 0.5 utilizando un programa comercial (Visual Flow, Tri-Header) o interno (Desfogue) para diseño y simulación de redes de desfogue. Así como la creación de esquemas y tablas de resultados con sus conclusiones y recomendaciones respectivas.
- Especialista 1:
- Determinar la capacidad máxima de manejo de gas en los tanques de desfogue, para un tamaño de partícula de 600 micrones y un tiempo de residencia de 30 minutos, por medio de un programa convencional para diseño de

tanques de desfogue con base al API-RP-521 y elaboración de las tablas de resultados con sus conclusiones y recomendaciones correspondientes.

- Especialista 2:
- Revisar el diseño de las válvulas de relevo de presión y válvulas de venteo de los módulos de compresión de baja y alta presión, así como de la sección de servicios auxiliares (gas combustible y condensados) de la Plataforma de Compresión, para lo cual se puede utilizar un programa de cálculo para diseño o simulación de válvulas de relevo con base a la práctica recomendada API-RP-520 y para la selección de dispositivos de relevo de presión con base al API-STD-526, y elaboración de la tabla de resultados con sus conclusiones y recomendaciones respectivas.
- Especialista 3:
- Desarrollar el análisis de cargas al sistema de desfogue, para identificar las cargas individuales y simultáneas al desfogue, con base a los distintos eventos de sobrepresión factibles y determinar el caso de diseño hidráulico de la red de desfogue y el caso de diseño de operación normal del sistema de desfogue de la Plataforma de Compresión.
- Especialista 1:
- Desarrollar el análisis y simulación de presión dinámica en los módulos de compresión de baja presión, con objeto de determinar en las válvulas de venteo el flujo máximo instantáneo a un tiempo de 0 segundos y el tiempo de depresurización del módulo de compresión, por medio del simulador de flujos instantáneos con base al modelo de Grote.
- Especialista 2:
- Desarrollar el análisis y simulación de presión dinámica en los módulos de compresión de alta presión, con objeto de determinar en las válvulas de venteo el flujo máximo instantáneo a un tiempo de 0 segundos y el tiempo de depresurización del módulo de compresión, por medio del simulador de flujos instantáneos con base a la implementación del modelo de Grote, para varias etapas de compresión.
 - Simulación de presión dinámica en los módulos de compresión de alta presión, considerando la inclusión de válvulas de venteo interetapa, siempre y cuando se tenga un sistema de compresión de alta presión en varias etapas, para determinar el arreglo óptimo de válvulas de venteo interetapa que minimice el flujo instantáneo enviado al quemador y se tengan un tiempo de depresurización del módulo de compresión adecuado, por medio de la implementación del modelo de Grote.

- Especialista 3:
- Determinación de los flujos de venteo enviados al quemador, considerando un venteo programado y secuencial en caso de un paro de emergencia de los módulos de compresión de alta presión y válvulas de venteo de los sistemas auxiliares, y elaboración de la tabla de resultados con sus conclusiones y recomendaciones correspondientes.
- Especialista 1:
- Diseño del quemador elevado considerando que para la capacidad de diseño normal se tenga un número de Mach de 0.5, adicionalmente el equipo deberá tener la flexibilidad operativa para manejar un flujo máximo instantáneo de corta duración con un Mach de 0.7-0.8, correspondiente al caso de diseño hidráulico de la red de desfogue, por medio de un programa convencional para diseño y simulación de quemadores elevados (método Brzustowski).
- Especialista 2:
- Diseño del tanque de desfogue considerando un tamaño de partícula de 600 micrones y un tiempo de residencia de 30 minutos, por medio de un programa convencional para diseño de tanques de desfogue de acuerdo a la práctica recomendada del API-RP-521.
- Especialista 3:
- Diseño de la red de desfogue (cabezales y ramales principales y secundarios) y determinación de contrapresiones y velocidades de acuerdo al caso de capacidad máxima de manejo de gas, utilizando un programa comercial (Visual Flow, Tri-Header) o interno (Desfog) para diseño y simulación de redes de desfogue.
- Especialista 1:
- Cálculo y diseño de la bomba de condensados considerando un flujo adecuado para desalojar los líquidos aproximadamente en un lapso de 20 a 30 minutos, desde el nivel máximo de operación al nivel mínimo, así como una eficiencia de operación adecuada para flujos bajos y operación intermitente.
- Especialista 2:
- Elaboración del índice de servicios y especificación de los materiales de tubería asociados al sistema de desfogue, condensados y gas combustible.
- Especialista 3:
- Elaboración del diagrama de tubería e instrumentación del sistema de desfogue de la Plataforma de Compresión con su correspondiente cuadro de datos de diseño de válvulas y condiciones de presión y temperatura del fluido corriente abajo del dispositivo de relevo de presión.
- Especialista 1:
- Elaboración de la hoja de datos y especificación técnica del

quemador elevado de la Plataforma de Compresión, considerando los materiales y servicios adecuados para la buena operación del equipo.

- Especialista 2:**
- Elaboración de la hoja de datos y especificación técnica del tanque de desfogue y bombas de recuperación de condensados de la Plataforma de Compresión.
- Especialista 3**
- Elaboración de la hoja de datos de las válvulas de control y/o reguladoras de presión del sistema de gas combustible a pilotos y barrido o purga, así como la lista de líneas del sistema de desfogue de la Plataforma de Compresión.
- Especialista 4:**
- Verifica los datos técnicos, criterios y congruencia de resultados conforme al sistema de desfogue de la Plataforma de Compresión.
 - Valida los resultados obtenidos de la determinación de las capacidades máximas de los equipos existentes, quemadores elevados, válvulas de control, tanque de desfogue, cabezales principales, etc.
 - Valida los resultados obtenidos de la simulación de presión dinámica y determinación de los flujos instantáneos de descarga en los módulos de compresión de baja y alta presión.
 - Valida las hojas de datos y especificaciones de los equipos asociados al sistema de desfogue, quemador elevado, tanque de desfogue y bombas de condensados, válvulas de control del sistema de gas a pilotos, etc.
 - Valida los diagramas de tubería e instrumentación del sistema de desfogue, índice de servicios y lista de líneas de la Plataforma de Compresión.

6.4.4 FORMATOS.

Descripción	Identificación	Responsable	Almacenamiento	Protección	Recuperación	Tiempo de Conservación	Disposición
Lista de revisión de datos de entrada para análisis y diseño del sistema de desfogue en Plataformas de Compresión	Ver PS-IN-PT-515-1-06 (Nota 1)	Jefe de Proyecto	Area del Jefe de Proyecto	Carpeta	Solicitud al Jefe de Proyecto	5 años	Archivo Muerto
Lista de revisión final para análisis y diseño del sistema de desfogue en Plataformas de Compresión	Ver PS-IN-PT-515-1-06 (Nota 1)	Jefe de Proyecto	Area del Jefe de Proyecto	Carpeta	Solicitud al Jefe de Proyecto	5 años	Archivo Muerto

Nota:

1.- Para integrar el procedimiento técnico al sistema de calidad deberá verificarse su correspondencia y los números de identificación establecidos, así como desarrollar los formatos de revisión de datos de entrada y final asociados.

- PS-IN-F-411-32-07-01: LISTA DE REVISIÓN DE DATOS DE ENTRADA PARA ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA DE DESFOGUE EN PLATAFORMAS DE COMPRESIÓN COSTA FUERA. (Nota 1).
- PS-IN-F-411-32-07-02: LISTA DE REVISIÓN FINAL ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA DE DESFOGUE EN PLATAFORMAS DE COMPRESIÓN COSTA FUERA. (Nota 1)

NOTA: LOS FORMATOS UNA VEZ LLENOS PASARAN A SER REGISTROS DE CALIDAD.

CAPITULO VII

7.0 DESARROLLO DEL PROBLEMA DE APLICACIÓN.

En este capítulo se plantea la problemática que da origen a analizar los sistemas de desfogue del Complejo Marino Akal-C en forma integral, y a diseñar un sistema de quemado completamente independiente para la Plataforma de Compresión Akal CA-AC-4, con objeto de eficientizar la operación del desfogue integral y en particular para la Plataforma de Compresión referida.

Además se analizará con mayor profundidad los conceptos de diseño del venteo de gas de los módulos de compresión durante el evento de paro, con la finalidad de reducir al mínimo los flujos máximos instantáneos de gas al cabezal de desfogue y al quemador elevado del Complejo.

Para el desarrollo del análisis y diseño del problema de aplicación, se debe contar con la información de ingeniería base, así como generar unas bases de diseño que sirvan como marco regulatorio y normativo, además de indicar claramente cuales son los alcances específicos y entregables a generar.

Las bases de diseño incluyen la información mínima necesaria desde el punto de vista técnico que se toma como referencia para desarrollar y diseñar el problema de aplicación ingenieril, estas bases se presentan en el Anexo "B" y describen los aspectos particulares siguientes:

Función de los sistemas de desfogue, tipo de proceso, descripción general del sistema de desfogue del Complejo Akal C y Plataforma de Compresión CA-AC-4, propiedades de los fluidos, especificación de las corrientes de alimentación y productos de la Plataforma de Compresión CA-AC-4, condiciones de operación, localización de Plataformas y Trípodes de quemadores, características generales de quemadores elevados, tanques de desfogue, equipo de compresión, así como condiciones climatológicas e información de referencia (Diagramas de Tubería e Instrumentación).

En la etapa de desarrollo del diseño, se tomará como base el procedimiento desarrollado en el capítulo VI de análisis y diseño optimizado de sistemas de desfogue en Plataformas de Compresión, donde se aplicará siguiéndolo paso a paso con mayor profundidad.

7.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La problemática inicial es que la compañía SOLAR no podía arrancar los módulos de compresión de baja y alta presión, por que no se contaba con un sistema de quemado independiente, en la Plataforma de Compresión CA-AC-4, que pudiera

manejar en forma segura la capacidad de desfogue y venteo de gas en caso de un paro de emergencia de los módulos de compresión de baja y alta presión.

Para conceptualizar en forma general la problemática es conveniente puntualizar en las siguientes premisas:

- A. La Plataforma de Compresión temporal CA-AC-4, fue diseñada y construida para operar en forma temporal con dos módulos de compresión de baja presión ("A" y "B") con capacidad de 110 MMPCSD cada uno y cuatro módulos de compresión de alta presión ("A", "B", "C" y "D") con capacidad de 72.6 MMPCSD de gas, cada uno. Y con equipo para recibo, acondicionamiento y distribución a usuarios de 40 MMPCSD de gas combustible proveniente de la Plataforma de Compresión CA-AC-1.

Durante el evento de paro de emergencia, el flujo máximo instantáneo estimado, que se enviaría al quemador sería de 980 MMPCSD de gas, generados por el venteo de los módulos de compresión de baja presión (30 MMPCSD), por los módulos de compresión de alta presión (520 MMPCSD), por el venteo del sistema de balance de gas de planta BOP (138 MMPCSD), el cual considera las válvulas de venteo de cabezales en succión de baja y alta presión de compresión, sistema de condensados y sistema de acondicionamiento de gas combustible, así como el desvío de gas de alimentación (292 MMPCSD).

Estos 980 MMPCSD de flujo instantáneo de gas representan 3.36 veces la capacidad de los módulos de compresión de alta presión.

- B. En el diseño original de la Plataforma no se contempló la instalación de un quemador elevado de gas, sino que se aprovechara la infraestructura existente para enviar el gas de desfogue al quemador 7 de la Plataforma de Compresión CA-AC-1.
- C. El diseño del sistema de sellado de los módulos de compresión de alta presión, es un sistema combinado de aceite de sello y aceite de lubricación con gas buffer interno, en el cual el aceite de sello es controlado a +/- 50 psig arriba de la presión de la carcasa y el gas buffer es controlado a 20 psig arriba de la presión del aceite de sellos.
- D. La Plataforma de Compresión CA-AC-4 se construyó con un sistema de paro por emergencia (ESD) de un solo nivel, el cual permitía depresurizar simultáneamente el gas de los módulos de compresión de baja presión, los módulos de compresión alta presión, los turbogeneradores de energía eléctrica, el sistema de gas combustible y el cabezal de succión y descarga de los compresores de baja y alta presión al que se le denomina Balance de Planta (BOP) de la Plataforma de Compresión.

- E. Por diseño original de los compresores centrífugos, la compañía SOLAR en los módulos de compresión de baja presión y en la descarga de la 3ra. etapa de compresión de los módulos de alta presión, sobre la línea de salida de gas corriente arriba de la válvula check y válvula de corte de cada módulo, instalo una sola línea y válvula de venteo y depresurización de 3" de D.N, respectivamente, al sistema de desfogue.
- F. Se toma como marco de referencia que la plataforma fue diseñada y construida por la compañía BECHTELL y la compañía SOLAR diseño y construyo los módulos de compresión de baja y alta presión, por lo que se considera la información de Ingeniería Básica y de Detalle desarrollada.
- G. Las Plataformas de Compresión CA-AC-2 y de Proceso CA-AC-3 están en una etapa de construcción e instalación para una operación futura, con el diseño de un sistema de desfogue independiente que cubre los requerimientos de desfogue, venteo y quemado de ambas plataformas.

7.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE DESFOGUE.

En este punto se describe en principio, como esta integrado el sistema de desfogue del Complejo Marino Akal "C" en forma general y posteriormente con mayor detalle el sistema de desfogue de la Plataforma de Compresión CA-AC-4.

7.2.1 COMPLEJO MARINO AKAL "C".

En términos globales se indican llegadas de gas, cabezales de recibo, condiciones de flujo y presión si las hay, válvulas de control de presión, tanques de desfogue y quemadores asociados a las Plataformas del Complejo.

En principio, se tienen tres cabezales generales de manejo de gas a lo largo de todas la Plataformas que integran el Complejo. (Ver figura 7.2.1).

El primero es un cabezal general de gas de baja presión de 24"/36"/42" de D.N, llamado cabezal de succión de booster, del cual pueden succionar los módulos de compresión de baja presión localizados en las Plataformas de Perforación y Compresión, PP-AC-1, CA-AC-4 y CA-AC-2, ésta última no se representa en el esquema referido. Este cabezal recibe gas de las siguientes plataformas, Akal-B/E, Akal-D, Akal-I y Akal-H, así como el gas de baja presión separado en las propias Plataformas de Producción del Complejo PB-AC-1, PB-AC-2 y PB-AC-3, e integrado a través de los compresores de baja presión Axis ubicados en la Plataforma CA-AC-1.

El segundo es un cabezal general de gas de alta presión de 30"/36" de D.N, denominado cabezal de succión de alta presión (aclarando al respecto este cabezal tiene un nivel de presión intermedio), del cual pueden succionar los módulos de compresión de alta presión localizados en las Plataformas de Compresión, CA-AC-1,

CA-AC-4 y CA-AC-2, ésta última no se representa en el esquema referido. Este cabezal recibe gas de las siguientes plataformas, Akal-G, Akal-J y Nohoch-A, así como el gas de alta presión separado en las propias Plataformas de Producción del Complejo PB-AC-1, PB-AC-2 y PB-AC-3.

El tercero es un cabezal general de gas de alta presión de 20" de D.N, denominado cabezal de succión de compresores de inyección, del cual se alimenta a los módulos de compresión de inyección localizados en el segundo nivel de la Plataforma de Perforación PP-AC-1. Este cabezal recibe gas de las plataformas, Akal-J y Akal-G.

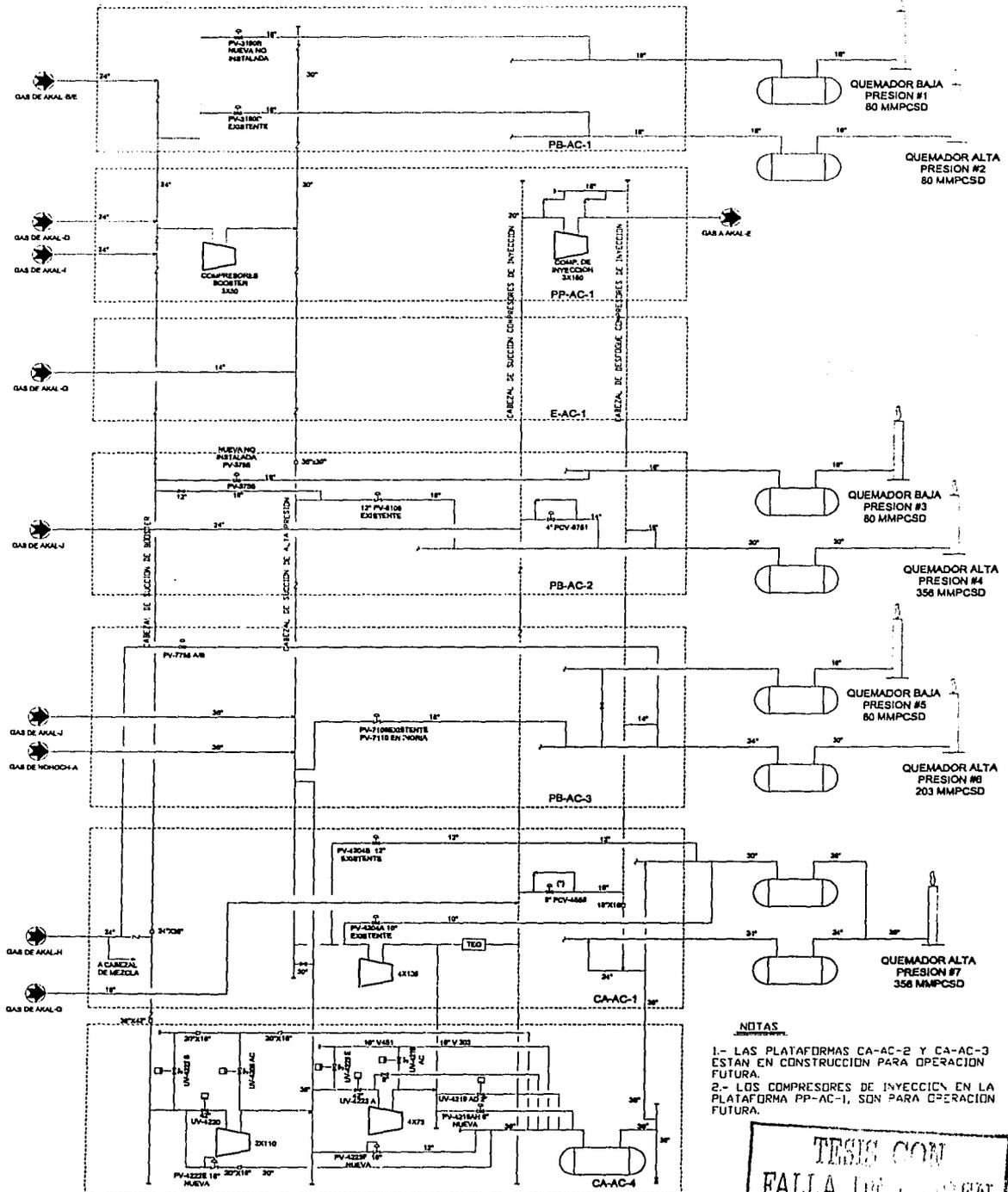
Por el lado de los cabezales de desfogue, tanques de desfogue y quemadores elevados de baja y alta presión, asociados a las Plataformas de Producción y Compresión PB-AC-1, PB-AC-2, PB-AC-3 y CA-AC-1, están arreglados de la siguiente manera:

La Plataforma de Producción PB-AC-1 tiene un sistema de tubería de desfogue de baja y alta presión independientes, formado por cabezales de 16" de D.N. que recolecta los desfogues de baja y alta presión de la 2ª y 1ª etapa de la batería de separación, tanques de desfogue de baja y alta presión de 1.524 m D.I. x 4.801 m L_{T-T} (5' D.I. x 15'-9" L_{T-T}) y 2.134 m D.I. x 6.604 m L_{T-T} (7' D.I. x 21'-8" L_{T-T}), respectivamente y bombas de condensados, localizados en el 1er. nivel de la Plataforma, así como dos quemadores elevados con un diámetro de chimenea de 406.4 mm (16") y altura de 18 metros, ubicados en un trípode intermedio aproximadamente a 100 metros de la plataforma.

La siguiente Plataforma de Producción PB-AC-2 cuenta con un sistema de tubería de desfogue de baja y alta presión independientes, formado por cabezales de 16" y 30" de D.N. que recolecta los desfogues de baja y alta presión de la 2ª y 1ª etapa de la batería de separación, tanques de desfogue de baja y alta presión de 1.524 m D.I. x 4.470 m L_{T-T} (5' D.I. x 14'-8" L_{T-T}) y 2.438 m D.I. x 7.315 m L_{T-T} (8' D.I. x 24'-0" L_{T-T}) respectivamente, y bombas de condensados, localizados en un trípode intermedio a 100 metros de la Plataforma, así como dos quemadores elevados con un diámetro de chimenea de 406.4 mm (16") y 762 mm (30"), con altura de 55 y 50 metros respectivamente, ubicados en otro trípode aproximadamente a 185 metros de la plataforma.

La última Plataforma de Producción PB-AC-3, también cuenta con un sistema de tubería de desfogue de baja y alta presión independientes, formado por cabezales de 16" y 24" de D.N. que recolecta los desfogues de baja y alta presión de la 2ª y 1ª etapa de la batería de separación, tanques de desfogue de baja y alta presión de 1.524 m D.I. x 4.470 m L_{T-T} (5' D.I. x 14'-8" L_{T-T}), y 2.438 m D.I. x 7.315 m L_{T-T} (8' D.I. x 24'-0" L_{T-T}) respectivamente, y bombas de condensados, localizados en un trípode intermedio a 100 metros de la Plataforma, así como dos quemadores elevados con un diámetro de chimenea de 406.4 mm (16") y 609.6 mm (24"), con altura de 53 metros respectivamente, ubicados en otro trípode aproximadamente a 200 metros de la plataforma.

**FIG. 7.2.1
COMPLEJO AKAL C
SISTEMA DE DESFOGUE**



NOTAS

- 1.- LAS PLATAFORMAS CA-AC-2 Y CA-AC-3 ESTAN EN CONSTRUCCION PARA OPERACION FUTURA.
- 2.- LOS COMPRESORES DE INYECCION EN LA PLATAFORMA PP-AC-1, SON PARA OPERACION FUTURA.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Y finalmente la Plataforma de Compresión CA-AC-1, la cual tiene un sistema de tubería de desfogue de baja y alta presión independientes, formado por cabezales de 36" y 24" de D.N. que recolecta los desfogues de los módulos de compresión válvulas de control y válvulas de relevo, también cuenta con tanques de desfogue de baja y alta presión de 3.048 m D.I. x 7.620 m L_{T-T} (10' D.I. x 25'-0" L_{T-T}), y bombas de condensados, respectivamente, localizados en el primer nivel de la Plataforma, así como un solo quemador elevado con diámetro de chimenea de 914.4 mm (36") y altura de 30 metros, ubicado en un trípode aproximadamente a 213 metros de la plataforma.

Asociados a los cabezales generales de manejo de gas y a los sistemas de tuberías de desfogue de las tres Plataformas de Producción PB-AC-1, PB-AC-2, PB-AC-3 y a la Plataforma de Compresión CA-AC-1, están las válvulas de control de presión tipo modulante, las cuales debido a una sobrepresión en los cabezales de gas o alguna operación anormal, pueden enviar el gas a los quemadores elevados existentes de las plataformas respectivas, previo paso por el tanque de desfogue de baja o alta presión de acuerdo a lo que a continuación se describe: (Ver figura 7.2.1).

Interconectadas al primer cabezal general de succión de gas de baja presión de 24"/36"/42" de D.N. se tienen las válvulas de control siguientes.

A). La válvula PV-3190B de 16" de D.N., la cual envía el gas al quemador 1 y la PV-3190C también de 16" de D.N. que envía el gas al quemador 2 de la Plataforma de Producción PB-AC-1.

B). La válvula PV-6108 de 12" de D.N., envía el gas al quemador 4 de la Plataforma de Producción PB-AC-2, teniendo bloqueada la conexión con el cabezal general de succión de compresores de alta presión.

C). La válvula PV-3755 de 16" de D.N., la cual envía el gas al quemador 3 de la Plataforma de Producción PB-AC-2.

D). Las válvulas PV-7755A/B de 16" de D.N., las cuales envían el gas al quemador 6 de la Plataforma de Producción PB-AC-3.

E). La válvula PV-4222E de 16" de D.N., localizada en la Plataforma de Compresión CA-AC-4, la cual envía el gas al quemador 7 de la Plataforma de Compresión CA-AC-1, a través de la interconexión con el cabezal de 36" de D.N.

En cuanto al segundo cabezal general de succión de gas de alta presión de 30"/36" de D.N, se tienen interconectadas las válvulas de control siguientes;

F). La válvula PV-7106 de 12" de D.N., envía el gas al quemador 6 de la Plataforma de Producción PB-AC-3.

G). Las válvulas PV-4204A/B de 10" y 12" de D.N., las cuales envían el gas al quemador 7 de la Plataforma de Compresión CA-AC-1.

H). La válvula PV-4223F de 16" de D.N., localizada en la Plataforma de Compresión CA-AC-4, la cual envía el gas al quemador 7 de la Plataforma de Compresión CA-AC-1, por medio de la interconexión con el cabezal de 36" de D.N.

Y por último, interconectadas al tercer cabezal general de succión de compresores de inyección de gas de alta presión de 20" de D.N, se tienen las válvulas de control de presión siguientes:

I). La válvula PCV-6751 de 4" de D.N., envía el gas al quemador 4 de la Plataforma de Producción PB-AC-2.

J). La válvula PCV-4555 de 8" de D.N., la cual envía el gas al quemador 7 de la Plataforma de Compresión CA-AC-1.

Finalmente, se tiene un cabezal de 18" de D.N. de desfogue de compresores de inyección, el cual va de la Plataforma de Perforación PP-AC-1 hasta la Plataforma de Compresión CA-AC-1, interconectándose con el cabezal de desfogue de 24"/36" de D.N. proveniente de la plataforma de CA-AC-4, para integrarse al quemador 7, previo paso por los tanques de desfogue de la plataforma CA-AC-1.

Adicionalmente, el cabezal de desfogue de 18" de D.N. a lo largo de su trayectoria tiene interconexiones de 16" y 14" de D.N. con los cabezales de desfogue de alta presión, para conducir el gas a los quemadores 4 y 6 de las plataformas de producción PB-AC-2 y PB-AC-3, respectivamente.

Es importante mencionar que las interconexiones de este cabezal de desfogue de 18" de D.N., hasta la fecha de octubre del 2001, todavía no estaban realizadas físicamente. Sin embargo, actualmente ya se encuentran terminadas y en operación.

Con lo descrito anteriormente, se tiene un marco de referencia de cómo están formados en términos globales los sistemas de desfogue de las Plataformas que integran el Complejo Akal "C", cuales son y como están relacionadas las válvulas de control de presión de los cabezales generales de succión de gas de baja y alta presión con los quemadores y tuberías de desfogue del Complejo.

7.2.2 PLATAFORMA DE COMPRESIÓN CA-AC-4.

Particularizando un poco con respecto a como están integrados los cabezales de desfogue y venteo, así como al alcance e inclusión de equipos de SOLAR asociados al desfogue de la Plataforma de Compresión Akal CA-AC-4, se tiene lo siguiente:

La columna vertebral que recolecta los desfogues y venteos de todos los equipos de proceso y servicios auxiliares de la Plataforma es un cabezal general de desfogue de 36" de D.N., el cual va directamente a un separador de desfogue FA-4251, con diámetro interno de 1.829 m (72") y longitud tangente a tangente de 4.572 m (15'-0"), localizado en la primera cubierta elevación 19.100 metros. (Ver figura 7.2.2).

Debido a que en el diseño original de esta Plataforma se considero utilizar el quemador 7 existente de la Plataforma de Compresión CA-AC-1, el gas relevado previo paso por el separador de desfogue FA-4251 se envía a este quemador por medio de una línea de 36" de D.N. y la interconexión con el sistema de desfogue de baja presión de la Plataforma de Compresión CA-AC-1.

Al cabezal general de desfogue de 36" de D.N. de CA-AC-4, se interconectan las principales líneas siguientes;

Dos ramales de 20" de D.N., los cuales recolectan las descargas de las válvulas de relevo de presión y válvula de venteo de los módulos de compresión de baja presión "A" y "B", respectivamente.

Cuatro ramales de 16" de D.N., con línea de 12" de D.N. en paralelo, los cuales recolectan las descargas de las válvulas de relevo de presión de cada una de las etapas de compresión y la válvula de venteo de la tercera etapa de compresión, correspondiente a los módulos de alta presión "A", "B", "C" y "D", respectivamente.

Línea de 10" de D.N., la cual recolectan las descargas de las válvulas de relevo de presión del sistema de acondicionamiento y filtración de gas combustible, así como las válvulas de venteo de los distintos niveles de presión de acondicionamiento y distribución.

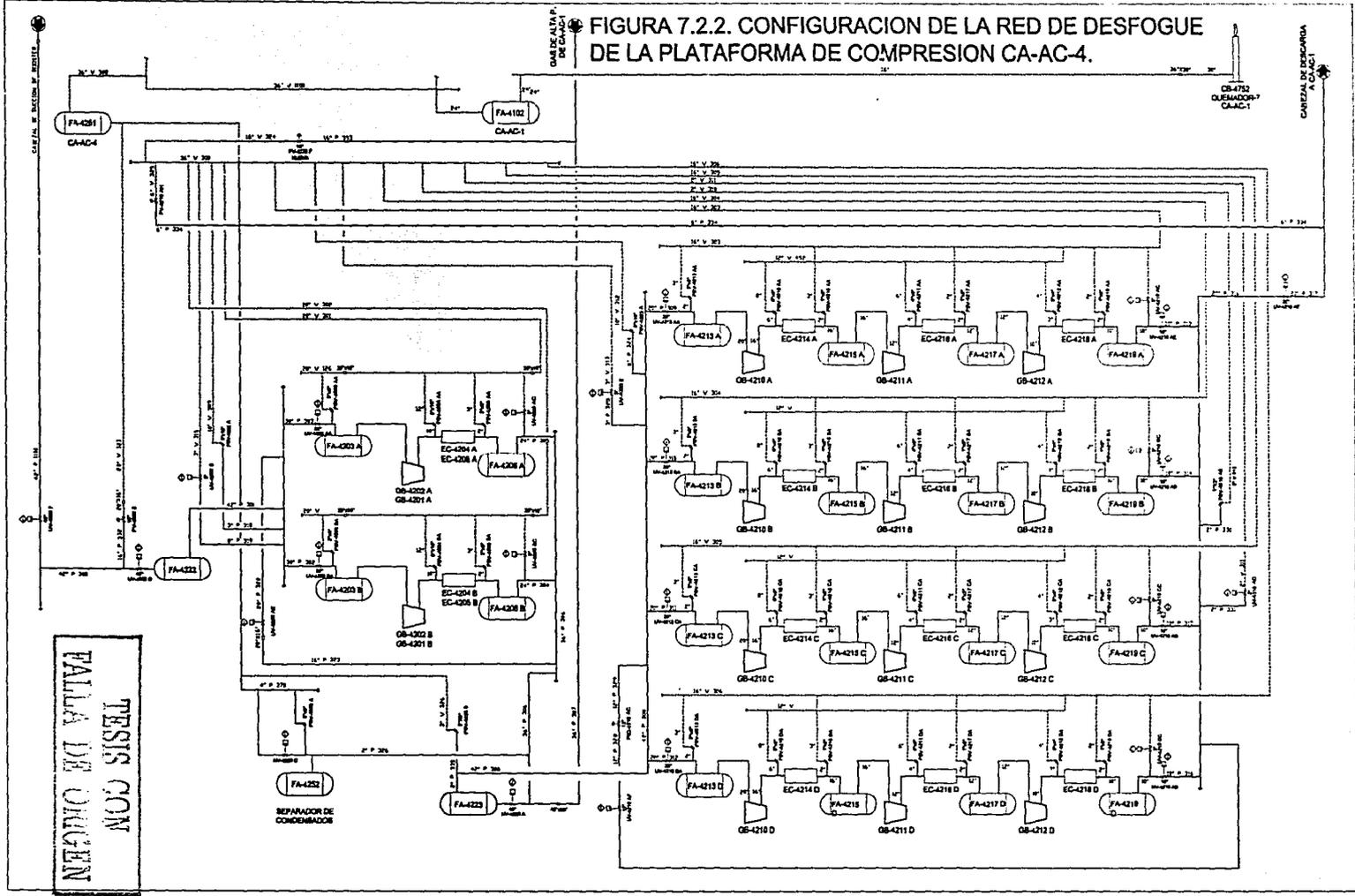
Línea de 16" y 6" de D.N., las cuales envían el gas relevado de las válvulas de control de presión PV-4223F del cabezal de succión general de gas de alta y PV-4219AH del cabezal general de descarga de alta presión, respectivamente.

Tubería de 10" de D.N., de la descarga de la válvula de relevo de presión PSV-4223A, localizada sobre el cabezal general 42" de D.N. de succión de compresores de alta presión.

Línea de 20" de D.N., la cual envía el gas relevado de la válvula de control de presión PV-4222E del cabezal general de succión de gas de baja.

Líneas de 10" y 3" de D.N., las cuales envían el gas relevado de la válvula de relevo de presión PSV-4222A y válvula de venteo UV-4222B del cabezal general de succión de gas de baja presión.

FIGURA 7.2.2. CONFIGURACION DE LA RED DE DESFOGUE DE LA PLATAFORMA DE COMPRESION CA-AC-4.



138

TESIS CON
FALTA DE DISEÑO

Tubería de 4" de D.N., la cual envían el gas relevado de las descargas de las válvulas de relevo de presión PSV-4252A y válvula de venteo UV-4252C del separador de condensados FA-4252, así como la descarga de la válvula de relevo PSV-4223B del separador de succión de alta presión FA-4223.

Y finalmente, una línea de 1" de D.N., la cual envían el condensado relevado de las descargas de las válvulas de relevo de presión PSV-4253A y PSV-4254B de las bombas de recuperación de condensados de desfogue.

7.3 RELACIÓN DE ACTIVIDADES A DESARROLLAR.

En términos globales el análisis y diseño del sistema de desfogue para el problema de aplicación planteado, comprende dos etapas. En la primera etapa se analizará el grado de aprovechamiento de la infraestructura existente y en la segunda etapa, una vez definida la alternativa más viable de diseño se desarrollará la Ingeniería Básica, para el sistema de desfogue independiente de la Plataforma de Compresión Akal CA-AC-4.

El hecho de que la Plataforma de Compresión CA-AC-4 no contará con un quemador elevado propio, que permitiera disponer el gas de venteo de los módulos de compresión, el gas de alimentación de alta y baja presión de los módulos de compresión, durante el evento de paro de emergencia y que en su lugar fueran dispuestos en los cabezales de desfogue y quemadores del Complejo, complica el análisis de la infraestructura existente del sistema de desfogue.

Se necesita revisar cual es la relación que existe entre el cabezal de alimentación de gas de baja y alta presión de los módulos de compresión de la Plataforma de Compresión CA-AC-4, con los cabezales de desfogue y quemadores elevados del complejo, para disponer la corriente de alimentación de gas de los compresores de baja y alta presión de la Plataforma CA-AC-4.

Se requiere conocer, la capacidad máxima de las válvulas de control de presión ligadas a los cabezales de alimentación de gas de baja y alta presión en el Complejo. Además de conocer la capacidad máxima de los cabezales de desfogue y de los quemadores del Complejo.

El resultado del análisis permitirá definir una estrategia para la distribución del flujo de gas de la corriente de alimentación de los compresores de CA-AC-4 y de los flujos instantáneos del venteo de los módulos de compresión de CA-AC-4, durante el evento de paro de emergencia de la Plataforma.

A continuación se presenta un desglose de actividades sugeridas para desarrollarse en la etapa de análisis y diseño del sistema de desfogue de la Plataforma de Compresión CA-AC-4.

COMPLEJO MARINO AKAL C.

- 1) Análisis, recopilación y complemento de Información de ingeniería requerida.
- 2) Elaboración de Bases de Diseño.
- 3) Restricciones, limitaciones y supuestos para el diseño del sistema.
- 4) Revisión de las capacidades máximas de desfogue en válvulas de control, cabezales principales, tanques y quemadores existentes del complejo Akal C.

PLATAFORMA DE COMPRESIÓN CA-AC-4.

- 5) Revisión de Ingeniería desarrollada por SOLAR, Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTI's) del proceso de compresión y DTI's de servicios auxiliares gas combustible, asociados al cabezal de desfogue de la Plataforma de Compresión CA-AC-4.
- 6) Identificación y revisión de la filosofía de operación.
- 7) Revisión del diseño de las válvulas de relevo de presión y válvulas de venteo.
- 8) Análisis de las cargas al sistema de desfogue e identificación de eventos críticos y de diseño.
- 9) Elaboración de diagramas de balance de desfogue.
- 10) Dimensionamiento y especificación del cabezal de desfogue.
- 11) Dimensionamiento y especificación del tanque de desfogue.
- 12) Dimensionamiento y especificación de las bombas de recuperación de condensados.
- 13) Análisis, simulación de presión dinámica y determinación de los flujos instantáneos a quemador (caso diseño).
- 14) Análisis, simulación de presión dinámica y determinación de los flujos instantáneos a quemador (casos propuestos).
- 15) Análisis y dimensionamiento del quemador elevado.
- 16) Elaboración de los Diagramas de Tubería e Instrumentación del sistema de Desfogue de la Plataforma de Compresión CA-AC-4.
- 17) Elaboración del Plano de Localización General de Equipo de Desfogue.

7.4 RELACIÓN DE DOCUMENTOS ENTREGABLES DE INGENIERÍA BÁSICA.

Con base al alcance y a las actividades a desarrollar se indican a continuación los documentos entregables, producto del desarrollo del problema de aplicación:

- i. Plano de Notas generales, Leyendas y Símbolos.
- ii. Diagrama de Tubería e Instrumentación Configuración del Desfogue Plataforma de Compresión CA-AC-4.
- iii. Diagrama de Tubería e Instrumentación Tanque de Desfogue y Quemador para la Plataforma de Compresión CA-AC-4.
- iv. Plano de Localización General de Equipo Trípodes, Puentes, Tanque de desfogue y Quemador Elevado.
- v. Índice de Servicio.
- vi. Hoja de Datos de Quemador Elevado.

- vii. Hoja de Datos de Tanque de Desfogue.
- viii. Hoja de Datos de Bombas de Condensados.
- ix. Hoja de Datos de Válvulas de Control.
- x. Lista de Líneas.

7.5 DESARROLLO Y DISEÑO DEL PROBLEMA DE APLICACIÓN.

El proceso de desarrollo de este punto esta basado en una estrategia o metodología general de trabajo, que da pauta a la identificación de la secuencia de actividades relacionadas con el procedimiento para analizar y diseñar en forma integral un sistema de desfogue costa fuera, el cual fue presentado en el capítulo precedente.

En la primera etapa se analiza el grado de aprovechamiento de la infraestructura existente en el Complejo Marino y en la segunda etapa, una vez definida la alternativa más viable de diseño, que permita optimizar el sistema de desfogue y quemador de la Plataforma CA-AC-4, se desarrolla la Ingeniería Básica.

7.5.1 RESTRICCIONES, LIMITACIONES Y SUPUESTOS PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA DE DESFOGUE.

Para la etapa de desarrollo del problema de aplicación se consideran los siguientes supuestos:

- 1) Se asume que las Plataformas de Compresión CA-AC-1 y CA-AC-4 no estarán sujetas a un Paro por Emergencia al mismo tiempo. Los sistemas de gas combustible y generación de energía eléctrica en cada plataforma son completamente independientes.
- 2) El número de equipos booster (compresores de baja presión) y compresores de alta presión en las distintas Plataformas se limitará a lo siguiente:
 - a). En la Plataforma de Compresión CA-AC-4:
 - 2 Compresores de baja presión con una capacidad de 110 MMPCSD cada uno.
 - 4 Compresores de alta presión con una capacidad de 73 MMPCSD cada uno.
 - b). En la Plataforma de Compresión CA-AC-1:
 - 4 Compresores de alta presión con una capacidad de 105 MMPCSD cada uno.
 - c). En la Plataforma de Perforación PP-AC-1:
 - 3 Compresores de baja presión con una capacidad de 45 MMPCSD cada uno.
- 3) La capacidad máxima de los quemadores existentes del Complejo, será determinada por un número de Mach de 0.7, debido a que la boquilla es de tipo utilitario.
- 4) Se administrará el flujo de gas que entra al Complejo Akal "C", el cual no excederá los siguientes rangos:

-
- a). El gas de baja a la succión de los compresores estará limitado a la capacidad máxima de los compresores que estén operando en las plataformas, pero sin exceder los 310 MMPCSD más el gas mínimo necesario para barrido hacia los quemadores.
 - b). El exceso de gas de baja presión se manejará en otras plataformas que no sea del Complejo Akal "C".
 - c). El gas de alta presión adicional que llega al Complejo Akal "C" estará limitado a la capacidad total de los compresores de alta mencionados en el punto 2, menos el gas de los compresores de baja presión del Complejo Akal "C" y el gas de barrido.
 - 5) Las válvulas de control de presión asociadas a los cabezales generales de succión de gas de baja y alta presión, y a los sistemas de tuberías de desfogue de las tres Plataformas de Producción PB-AC-1, PB-AC-2, PB-AC-3 y a la Plataforma de Compresión CA-AC-1, son las indicadas en el punto 7.2.1. Su operación y la capacidad máxima de estas válvulas será determinada de acuerdo a la norma y su rango de operación.
 - 6) El sistema de paro de emergencia de la Plataforma de Compresión CA-AC-4, fue diseñado originalmente en un solo nivel.

7.5.2 CAPACIDAD MÁXIMA DE QUEMADORES DEL COMPLEJO AKAL "C".

A continuación en la página siguiente, se incluye la tabla 7.5.2.1, la cual muestra los resultados de la determinación de la capacidad máxima de quemado de gas en cada una de las plataformas de Producción y Compresión del Complejo Akal "C", así como la capacidad disponible de quemado de gas en baja y alta presión y los niveles de radiación generados por el quemado del gas en la infraestructura existente del Complejo:

TABLA 7.5.2.1
RESULTADOS DE LA DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE QUEMADORES DEL COMPLEJO AKAL "C".

PLATAFORMA	No DE QUEMADOR	TIPO DE QUEMADOR (ALTA BAJA PRESIÓN)	DIAMETRO DEL STACK (pulgadas)	ALTURA DEL STACK (m)	No. MACH	FLUJO NOR./MAX. (MMPCSD)	FLUJO MAXIMO (lb/hr)	VELOCIDAD A LA SALIDA DEL QUEMADOR (ft/seg)	DISTANCIA PUENTE A QUEMADOR (m ft)	RADIACIÓN EN EL PUENTE AL ENTRAR A PLATAF. 1er NIVEL (BTU/HR*FT2)	ARCHIVOS ELECTRONICOS	TEMPERATURA (F/C)
PB-AC-1	1	BAJA	13 1/16"	18	0.5134	50	144788.9	586.298	100(328.1)	261.3	AKCQ1 RES	116.5/46.9
		(NOTA 4)	13 1/16"	18	0.7131	80	231662.3	814.38	100(328.1)	403.69	ACC01 RES	
	2	ALTA	13 1/16"	18	0.5134	50	144788.9	586.298	100(328.1)	261.3	AKCQ1 RES	116.5/46.9
		(NOTA 4)	13 1/16"	18	0.7131	80	231662.3	814.38	100(328.1)	403.69	ACC01 RES	
PB-AC-2	3	BAJA	13 1/16"	55	0.5134	50	144788.9	586.298	185(606.96)	67.92	AKCQ3 RES	116.5/46.9
		(NOTA 4)	13 1/16"	55	0.7131	80	231662.3	814.38	185(606.96)	106.57	ACC01 RES	
	4	ALTA	27 06/30"	50	0.499	220	582168.0	609.908	185(606.96)	267.7	AKCQ1 RES	119.8/48.8
		(NOTA 1)	27 06/30"	50	0.6997	356	1030897.1	855.071	185(606.96)	413.69	ACC01 RES	
PB-AC-3	5	BAJA	13 1/16"	53	0.5095	50	144788.9	577.77	200(656.2)	59.12	AKCQ5 RES	106.95/41.64
		(NOTA 2)	13 1/16"	53	0.7086	80	231662.3	803.443	200(656.2)	92.98	ACC01 RES	
	6	ALTA	21 07/24"	53	0.4994	126	364868.1	566.219	200(656.2)	149.25	AKCQ8 RES	106.95/41.64
		(NOTA 2)	21 07/24"	53	0.6999	203	587843.0	793.615	200(656.2)	233.37	ACC01 RES	
CA-AC-1	7	ALTA	27 06/30"	30	0.499	220	582168.0	609.908	213.36(700)	217.75	ACC079 RES	119.8/48.8
		(NOTA 1)	27 06/30"	30	0.6997	356	942053.6	855.071	213.36(700)	341.1	ACC070 RES	
			15.5 GR C	20	0.6756	356	942053.6	761.957	213.36(700)	344.46	APQ070 RLS	OBSERV. (B)
			15.5 GR C	30	0.7669	377	997624.2	811.25	213.36(700)	363.15	APQ071 RLS	

NOTAS:

- 1 - CORRIENTE DE GAS VENITEO EN 3a ETAPA DE COMPRESIÓN, CON EXPANSIÓN A 5 PSIG Y TEMPERATURA DE 48.8 GRADOS CENTIGRADOS
- 2 - CORRIENTE DE GAS DE PRESIÓN INTERMEDIA CON EXPANSIÓN A 5 PSIG
- 3 - EL NIVEL DE RADIACIÓN NO INCLUYE LA RADIACIÓN SOLAR
- 4 - CORRIENTE DE GAS DE BAJA PRESIÓN CON EXPANSIÓN A 3 PSIG
- 5 - METODO UTILIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD "BRZUSTOWSKI".

OBSERVACIONES:

- 1 - LA CAPACIDAD MÁXIMA DE GAS DE ALTA PRESIÓN QUE SE PUEDE MANEJAR EN LOS QUEMADORES 4 Y 7 (D = 30") ES DE 356 MMPCSD Y EN LOS QUEMADORES 5 (D = 16") Y 6 (D = 24") ES DE 80 Y 203 MMPCSD DE GAS, RESPECTIVAMENTE, CON UN NÚMERO DE MACH DE 0.7.
- 2 - SIN EMBARGO, PARA LOS QUEMADORES 4, 5 Y 6 LOS FLUJOS DE QUEMADO ESTARÍAN EN FUNCIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DEL FLUJO MANEJADO POR EL CABEZAL DE INTERCONEXIÓN DE 18" DE D.N.
- 3 - LA CAPACIDAD MÁXIMA DE GAS DE BAJA PRESIÓN QUE SE PUEDE MANEJAR EN LOS QUEMADORES 1, 2 Y 3 DE 16" DE DIÁMETRO ES DE 80 MMPCSD, RESPECTIVAMENTE
- 4 - LOS QUEMADORES 1, 2, 3, 4 Y 6 PUEDEN MANEJAR GAS DE BAJA PRESIÓN A QUEMADO EN EL EVENTO DE CONTROL DE PRESIÓN EN EL CABEZAL DE SUCCIÓN GENERAL DE COMPRESORES BOOSTER, CON FLUJOS MÁXIMOS DE 80, 356 Y 203 MMPCSD, RESPECTIVAMENTE.
- 5 - LOS QUEMADORES 6 Y 7 PUEDEN MANEJAR GAS DE PRESIÓN INTERMEDIA A QUEMADO EN EL EVENTO DE CONTROL DE PRESIÓN EN EL CABEZAL DE SUCCIÓN GENERAL DE COMPRESORES DE ALTA PRESIÓN, CON FLUJOS MÁXIMOS DE 203 Y 356 MMPCSD, RESPECTIVAMENTE.
- 6 - LOS NIVELES DE RADIACIÓN MÁXIMOS GENERADOS EN EL PRIMER NIVEL AL ENTRAR A LA PLATAFORMA ESTAN DEBAJO DE 500 BTU/HR*FT2, PERMITIENDO UN TIEMPO DE EXPOSICIÓN MAYOR A LOS 60 SEGUNDOS PARA PERSONAL OPERATIVO, SIN AFECTAR LA CUBIERTA Y LOS EQUIPOS.
- 7 - LAS CAPACIDADES MÁXIMAS DE QUEMADO DETERMINADAS A TEMPERATURAS DE 15.5 GR C SON MAYORES EN UN RANGO DEL 6 AL 12 %, QUE LAS ESTIMADAS A 49-42 GR C
- 8 - PARA UN DIÁMETRO DE QUEMADOR DADO AL DISMINUIR LA TEMPERATURA SE TIENE UN NUMERO DE MACH Y FLUJO MENOR.
- 9 - PERMITIENDO PARA MANTENER UN MACH DE 0.7 A ESA TEMPERATURA Y DIMENSIONES DADAS, EL FLUJO SE VERA INCREMENTADO.

RECOMENDACIONES:

- 1 - CON BASE AL ANÁLISIS, SE RECOMIENDA QUE PARA DETERMINAR CON MAYOR PRECISIÓN LA CAPACIDAD MÁXIMA DEL QUEMADOR SE REALICE CON LA TEMPERATURA CALCULADA AL NIVEL DE CONTRAPRESIÓN ESPERADO EN LA BASE DEL QUEMADOR.
- 2 - LA TEMPERATURA Y COMPOSICIÓN DEL GAS SON LAS VARIABLES PRINCIPALES EN LA DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD MÁXIMA DE QUEMADO, CON TEMPERATURA DEL ORDEN DE 15.5 GRADOS CENTIGRADOS SE OBTIENEN FLUJOS MAYORES DE QUEMADO EN UN RANGO DE 6 A 12 % QUE LOS DETERMINADOS A 49-42 GRADOS CENTIGRADOS.
- 3 - VERIFICAR QUE LOS NIVELES DE RADIACIÓN GENERADOS EN LAS CUBIERTAS DE SEGUNDO Y TERCER NIVEL DE LA PLATAFORMA NO SEAN CRÍTICOS PARA LA INFRAESTRUCTURA Y EQUIPOS.

143

TRAZO CON
 FALLA DE ORIGEN

7.5.3 REVISIÓN DE LA CAPACIDAD DE VÁLVULAS DE CONTROL ASOCIADAS AL SISTEMA DE QUEMADORES DEL COMPLEJO AKAL "C".

Como estaba diseñado originalmente el sistema de desfogue de la Plataforma de Compresión CA-AC-4, el gas de succión de los módulos de baja y alta presión, el gas de las válvulas de venteo se enviaba directamente al quemador 7 de CA-AC-4.

Partiendo de la premisa que el gas de alimentación a Akal "C", será quemado en Akal "C" y que la única forma de desviar este gas de alimentación a los módulos de compresión de baja y alta presión, para no enviarlo al quemador 7 de la Plataforma de Compresión CA-AC-1 es utilizar las válvulas de control de presión localizadas en el cabezal de succión de booster y cabezal de succión de alta presión que van a los quemadores 3, 4, 5 y 6 de las Plataformas de Producción PB-AC-2 y PB-AC-3, respectivamente.

Estas válvulas principales de control de presión son; PV-3190B, PV-3190C, PV-6108, PV-3755, PV-7755, PV-4222E, PV-7106, PV-4204A/B y PV-4223F por lo que se requiere confirmar si la capacidad de estas válvulas es suficiente para manejar el gas de alimentación.

De lo contrario el gas de alimentación tendrá que ser manejado por el quemador 7 de la Plataforma de Compresión CA-AC-1.

Para realizar esta actividad se efectúa un análisis para reducir la carga al quemador 7, tomando los rangos de operación de los cabezales de succión de Booster, succión de alta y descarga de alta. Una vez establecidas las presiones máximas de operación, se procedió a determinar las presiones de ajuste correspondiente a cada válvula de control, de manera que su apertura sea en forma secuencial, iniciando con las válvulas de control de PB-AC-1 hasta CA-AC-4. Un aspecto importante es que las válvulas de control de CA-AC-4 del sistema de desfogue, se deben calibrar de manera que sean las últimas en abrir para enviar el gas al quemador 7 de CA-AC-1, y evitar que se rebase la capacidad máxima del mismo.

La presión de operación en el cabezal de succión de Booster de acuerdo al diseño es de 3.5 kg/cm² man. y para el cabezal de presión intermedia es de 6.7 kg/cm² man.

El análisis de las válvulas de control nos permitirá dar respuesta a las siguientes preguntas:

Cual es la capacidad máxima de las válvulas existentes?

Son apropiadas para manejar al menos en una condición de operación normal, 220 MMPCSD de gas de alimentación en baja presión y 72 MMPCSD de gas en presión intermedia.

Que propuesta o adición de válvulas se requieren para manejar el caso crítico, todavía sin considerar modificaciones mayores al sistema de paro de emergencia ESD?

A continuación en la página siguiente, se incluye la tabla 7.5.3.1, la cual muestra los resultados de la determinación de la capacidad de válvulas de control a desfogue del Complejo Akal "C".

7.5.4 DETERMINACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE FLUJOS DE GAS A QUEMADORES DEL COMPLEJO AKAL "C".

En este punto se desarrolla la actividad y análisis para la distribución de flujo de gas a quemadores del Complejo Akal "C".

La tabla 7.5.4.1 muestra los resultados obtenidos de la distribución de flujo de gas a quemadores para dos casos operativos, los cuales son:

El caso 1, configuración actual (diseño original) el cual considera los siguientes aspectos: la operación de 2 compresores de baja presión y 4 compresores de alta presión, venteos simultáneos de los módulos de baja y alta presión, así como del sistema de BOP, en el cual se tiene el sistema de paro de emergencia (ESD) configurado en un solo nivel.

El caso 2, desvío del gas de alimentación y modificación menor del sistema de paro de emergencia (ESD) el cual considera básicamente los mismos aspectos que el caso 1, excepto que se retrasa el venteo del sistema BOP en la configuración del sistema de paro de emergencia.

Es importante mencionar que se pueden presentar una diversidad de casos operativos, en función de los módulos de compresión en operación en la Plataforma de Compresión, tanto de baja presión como de alta presión, interrelacionados con el sistema de paro de emergencia (ESD), sin embargo solo se presentan los resultados de los casos operativos más relevantes, que son la base para la resolución del problema de fondo.

Con base en el análisis de la tabla 7.5.4.1 se visualiza que la solución definitiva con objeto de dar mayor flexibilidad operativa al sistema de desfogue y mayor seguridad a la instalación, es la necesidad de independizar el sistema de quemado para la Plataforma de Compresión CA-AC-4, optimizando los flujos de venteo de los módulos de compresión y sistema BOP y por consecuencia la capacidad de quemador.

En esta parte, con base a la definición de las válvulas de control y flujos para desvío de gas de alimentación del caso 2, también se incluye la tabla 7.5.4.2, la cual muestra los resultados obtenidos del rango de operación de las referidas válvulas para desfogue de gas de alimentación de baja y alta presión.

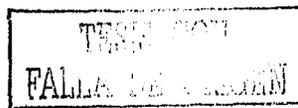


TABLA 7.5.3.1
RESULTADOS DE LA DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE VALVULAS DE CONTROL A DESFOGUE DEL COMPLEJO AKAL "C".
(CONFIGURACIÓN ACTUAL).

PLATAFORMA	TIPO DE OPERACIÓN	VALVULA	TAMAÑO (pulgadas)	FLUJO MAX (MMPCSD)	FLUJO NORMAL (MMPCSD)	FLUJO MINIMO (MMPCSD)	CONDICIONES DE OPERACIÓN		GAS AL QUEMADOR No. (MMPCSD)	ARCHIVOS ELECTRONICOS	OBSERVACIONES
							APERTURA (grados)	RUIDO (dB)			
PB-AC-1	DESVIÓ	PV-3190C	12" BOLA	76.904	63.215	30.84	90/80/50	116.6-112.6	Q-2(83)	PV3190C	APERTURA TOTAL RUIDO FUERA DE NORMA
PB-AC-2	DESVIÓ	PV-610B	12" MARIPOSA	147.345	137.504	47.207	90/80/50	113.8-108.9	Q-4(356)	PV610B	APERTURA TOTAL RUIDO FUERA DE NORMA
PB-AC-3	DESVIÓ	PV-7106	12" MARIPOSA	281.359	234.567	60.813	90/80/50	119.2-114.2	Q-6(203)	PV7106	APERTURA ADECUADA RUIDO FUERA DE NORMA
CA-AC-4	DESFOGUE BAJA	PV-4222E	16" MARIPOSA	239.772	210.586	47.167	90/80/50	ACEPTABLE	Q-7(356)	PROJECT2	APERTURA ADECUADA RUIDO ACEPTABLE
CA-AC-4	DESFOGUE INTERMEDIA	PV-4223F	16" MARIPOSA	411.939	353.077	125.733	90/80/50	119.8-114.7	Q-7(356)	PROJECT2	APERTURA ADECUADA RUIDO FUERA DE NORMA
CA-AC-4	DESFOGUE ALTA	PV-4219AH	6" BOLA	474.484	395.791	245.289	90/80/60	135.7-131.9	Q-7(356)	PROJECT2	APERTURA ADECUADA RUIDO FUERA DE NORMA

NOTAS:

- 1- METODO DE CALCULO FISHER
- 2- LAS VALVULAS ANALIZADAS SON LAS EXISTENTES Y CONSIDERA LA CONFIGURACION ACTUAL
- 3- DE ACUERDO AL DISEÑO AL QUEMADOR 7 SE PUEDEN ENVIAR FLUJOS DE DESFOGUE Y VENTEO DE LOS MODULOS DE BAJA Y ALTA PRESIÓN ASÍ COMO EL VENTEO DEL SISTEMA DE GAS COMBUSTIBLE (BOP) DE LA PLATAFORMA CA-AC-4.

OBSERVACIONES:

- 1- PARA LAS VALVULAS PV-3190C Y PV-610B LA CAPACIDAD MÁXIMA A 90 GRADOS DE APERTURA ES DE 76.9 Y 147.3 MMPCSD, RESPECTIVAMENTE, SIN EMBARGO LOS RANGOS DE OPERACIÓN SON INADECUADOS Y EL NIVEL DE RUIDO ESTA FUERA DE NORMA.
- 2- PARA LAS VALVULAS PV-3190C Y PV-610B LA CAPACIDAD A 80 GRADOS DE APERTURA ES DE 63.215 Y 137.5 MMPCSD, RESPECTIVAMENTE, SIN EMBARGO, NO SE CUBREN LOS 220 MMPCSD PARA DESVIÓ DE GAS DE BAJA DE ALIMENTACIÓN A CA-AC-4 Y LOS NIVELES DE RUIDO SIGUEN FUERA DE NORMA.
- 3- LA CAPACIDAD A 80 GRADOS DE APERTURA PARA LA VALVULA PV-7106 ES DE 234.5 MMPCSD Y EL NIVEL DE RUIDO ESTA FUERA DE NORMA.
- 4- LA CAPACIDAD DE LA PV-7106 REBASA LA CAPACIDAD DEL QUEMADOR 6 Y SOLAMENTE SE REQUIEREN 72 MMPCSD, PARA DESVIÓ EN LA ALIMENTACIÓN A LOS MODULOS DE ALTA.
- 5- LAS VALVULAS PV-4222E Y PV-4223F TIENEN CAPACIDAD SUFICIENTE PARA MANEJAR 220 MMPCSD Y 292 MMPCSD DE GAS DE BAJA E INTERMEDIA PRESIÓN AL QUEMADOR 7.
- 6- LA VALVULA PV-4219AH TIENE CAPACIDAD SUFICIENTE PARA MANEJAR 292 MMPCSD DE GAS DE ALTA PRESIÓN AL QUEMADOR 7.
- 7- EL QUEMADOR 7 NO TIENE CAPACIDAD SUFICIENTE PARA MANEJAR LOS DESFOGUES Y VENTEOS DE LA PLATAFORMA CA-AC-4. POR LO QUE SE REQUIERE DESVIAR EL FLUJO DE GAS DE BAJA Y PRESIÓN INTERMEDIA Y DISTRIBUIRLO EN LOS OTROS QUEMADORES DEL COMPLEJO.

RECOMENDACIONES:

- 1- SE REQUIERE MANEJAR MAYOR CAPACIDAD DE DESVIÓ DE GAS DE BAJA PRESION, PARA LO CUAL SE CONSIDERAN LAS VALVULAS DE CONTROL PV-3190B, PV-3755 Y PV-7755, OPERANDO EN RANGOS DE APERTURA Y NIVELES DE RUIDO ADECUADOS.
- 2- ASOCIAR LA DISTRIBUCIÓN DE FLUJO DE GAS DE BAJA PARA DESVIÓ A LOS QUEMADORES 4 Y 6 DE MAYOR CAPACIDAD DE QUEMADO.
- 3- LIMITAR LA CAPACIDAD DE MANEJO DE GAS DE PRESIÓN INTERMEDIA EN UN RANGO DE 203 A 72 MMPCSD COMO MÍNIMO, PARA LA VALVULA PV-7106.
- 4- CON BASE A LO ANTERIOR SE PROPONE QUE EL QUEMADOR 7 SOLAMENTE PUEDA MANEJAR EL GAS DEL VENTEO DE LOS MODULOS DE BAJA Y ALTA PRESIÓN, ASÍ COMO EL VENTEO DEL SISTEMA DE GAS COMBUSTIBLE (BOP) DE LA PLATAFORMA CA-AC-4.

146

TALLER DE DISEÑO
 TALLER DE DISEÑO

TABLA 7.5.4.1
DISTRIBUCIÓN DE FLUJO DE GAS A QUEMADORES
FLUJO MÁXIMO DE QUEMADORES (No.MACH= 0.7)

CASO	DESCRIPCIÓN	COMPRESOR EN OPERACIÓN	ALIMENTACIÓN (MMPCSD)	OPERACIÓN DE DESVÍO		OPERACIÓN DE VENTEO		OPERACIÓN DEL BOP		QUEMADOR		GAS AL QUEMADOR		OBSERVACIONES
				VÁLVULA (PV)	FLUJO (MMPCSD)	VÁLVULA (UV)	FLUJO (MMPCSD)	VÁLVULA (UV)	FLUJO (MMPCSD)	No.	FLUJO (MMPCSD)	DESVÍO (MMPCSD)	VENTEO (MMPCSD)	
1	CONFIGURACION ACTUAL DISEÑO ORIGINAL (NOTA1)	2 MÓDULOS DE BAJA PRESIÓN	220	PV-4222E	220	UV-4206 AC UV-4206 BC	15 15	UV-454AA UV-454AC UV-455AB	39.79 25.46 15.7	# 7 (Q-7)	356 (Q-7)	292 (Q-7) (CA-AC-1)	VENTEO 2"15= 30 4"130= 520 138.5 688.5 (Q-7) (CA-AC-1)	CAP. MAX. 980.5 DISTRIBUIR FLUJOS
		4 MÓDULOS DE ALTA PRESIÓN	292 (72)	PV-4223F	72	UV-4219 AC UV-4219 BC UV-4219 CC UV-4219 DC	130 130 130 130	UV-4223E UV-4222B UV-4252C	15.79 5.31 11.76					
2	DESVÍO DEL GAS DE ALIMENTACIÓN Y MODIFICACION DEL SISTEMA DE PARO DE EMERGENCIA (ESD)	2 MÓDULOS DE BAJA PRESIÓN	220	PV-3190 C (EXISTENTE) PV-3190 B (NUEVA) PV-3755	73 73 73	UV-4206 AC UV-4206 BC	15 15			# 2 (Q-2) # 1 (Q-1) # 3 (Q-3)	80 80 80	146 (Q-1 y Q-2) EN PB-AC-1 73 (Q-3) Y 72 (Q-4) EN PB-4) AC-2. (292 TOTAL)	(Q-4) EN PB-AC-2 (Q-5 y Q-6) Y (Q-7) EN CA-AC-4 (550 TOTAL)	RETRASAR EL VENTEO DEL BOP EN ESD 639 MMPCSD DISPONIBLES EN Q-5, Q-6 Y Q-7
		4 MÓDULOS DE ALTA PRESIÓN	292 (72)	PV-6108	72	UV-4219 AC UV-4219 BC UV-4219 CC UV-4219 DC	130 130 130 130			# 4 (Q-4) # 5 (Q-5) # 6 (Q-6) # 7 (Q-7)	356 80 203 356			

NOTAS:

- OPERACIÓN MÁXIMA DE 2 MODULOS DE BAJA Y 4 MODULOS DE ALTA PRESIÓN, CON SISTEMA DE PARO DE EMERGENCIA (ESD) EN UN SOLO NIVEL. (VENTEO SIMULTANEO DE MODULOS DE COMPRESIÓN, BAJA Y ALTA PRESIÓN, ASI COMO EL BOP).
- SE PUEDEN PRESENTAR DIFERENTES CASOS OPERATIVOS, SIN EMBARGO SOLO SE MUESTRAN RESULTADOS DE LOS MAS RELEVANTES.

OBSERVACIONES:

- EL QUEMADOR 7 DE LA PLATAFORMA CA-AC-7 NO TIENE CAPACIDAD SUFICIENTE PARA MANEJAR EL FLUJO DE DESVÍO Y VENTEO DE DISEÑO ORIGINAL (980.5 MMPCSD).
- CON BASE AL CASO No. 1, SE REQUIERE DISTRIBUIR FLUJOS DE ALIMENTACIÓN A OTROS QUEMADORES Y MINIMIZAR LOS FLUJOS DE VENTEO AL QUEMADOR 7.
- CON BASE AL CASO No. 2, OPERANDO LAS VÁLVULAS DE CONTROL DE PRESION PV-3190C, PV-3190B Y PV-3755 SE TIENE EL DESVÍO DE 73 MMPCSD DE GAS DE ALIMENTACIÓN DE BAJA PRESIÓN POR CADA VÁLVULA A LOS QUEMADORES 2, 1 Y 3 RESPECTIVAMENTE.
- OPERANDO LA VÁLVULA DE CONTROL DE PRESION PV-6108 SE TIENE EL DESVÍO DE 72 MMPCSD DE GAS DE ALIMENTACION DE ALTA PRESION AL QUEMADOR 4.
- LOS FLUJOS DE VENTEO DE LOS MODULOS DE COMPRESION DE ALTA Y BAJA PRESION. SE PUEDEN MANEJAR POR LOS QUEMADORES 4, 5, 6 Y 7.
- LA DISTRIBUCION FINAL DE FLUJO PARA LOS QUEMADORES 4, 5 Y 6 ESTARIA DETERMINADA POR LOS DIAMETROS DE 16" Y 14", DE INTERCONEXIÓN DEL CABEZAL DE DESFOGUE DE 18" DE D.N CON LA DISPOSICIÓN FINAL A CADA QUEMADOR
- ES FACTIBLE OPTIMIZAR EL FLUJO DE VENTEO DE LOS MODULOS DE COMPRESIÓN DE BAJA Y ALTA PRESIÓN, MODIFICANDO LA FILOSOFÍA DEL SISTEMA DE PARO DE EMERGENCIA Y CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA DE VENTEO.

RECOMENDACIONES:

- DETERMINAR LOS PUNTOS DE OPERACIÓN DE LAS VÁLVULAS DE CONTROL DE PRESION PV-3190C, PV-3190B, PV-3755 Y PV-6108.
- TENER ALINEADA LA VÁLVULA DE CONTROL DE PRESION PV-6108 AL CABEZAL DE SUCCIÓN DE ALTA PRESIÓN PARA ENVÍO DE 72 MMPCSD AL QUEMADOR 4 DE PB-AC-2.
- OPTIMIZAR EL FLUJO DE GAS A VENTEO, A TRAVES DEL ANALISIS DEL SISTEMA DE PARO DE EMERGENCIA Y SISTEMA DE VENTEO DE LOS MODULOS DE COMPRESIÓN DE BAJA Y ALTA PRESIÓN.
- DETERMINAR LOS FLUJOS MAXIMOS EN EL CABEZAL DE DESFOGUE DE 18" DE D.N. Y EN LAS LINEAS DE INTERCONEXIÓN.
- VERIFICAR FLUJOS MÁXIMOS EN CABEZALES Y TANQUES DE DESFOGUE CON BASE A LA CAPACIDAD MÁXIMA DE QUEMADORES.
- DEJAR FUERA DE OPERACIÓN LAS VÁLVULAS DE CONTROL PV-4222E Y PV-4223F, PARA GARANTIZAR EL DESVÍO DEL FLUJO DE GAS DE ALIMENTACIÓN.

157

EVALUACIÓN DE RIESGOS
 15/07/2011

TABLA 7.5.4.2
RESULTADOS DE LA DETERMINACIÓN DEL RANGO DE OPERACIÓN DE VALVULAS DE CONTROL A DESFOGUE DEL COMPLEJO AKAL "C".
 (CONFIGURACIÓN PROPUESTA).

PLATAFORMA	TIPO DE OPERACION	VALVULA	TAMAÑO (pulgadas)	FLUJO MAX. (MMPCSD)	FLUJO NORMAL (MMPCSD)	FLUJO MINIMO (MMPCSD)	CONDICIONES DE OPERACIÓN		GASAL QUEMADOR No. (MMPCSD)	ARCHIVOS ELECTRONICOS	OBSERVACIONES
							APERTURA (grad)	RUIDO (dB)			
PB-AC-1	DESVIO	PV-3190C	12" BOLA	76 904	73 00	30 84	90/86/50	119 0-115.1	Q-2/(80)	PROJECT3	APERTURA ADECUADA RUIDO FUERA DE NORMA
PB-AC-1	DESVIO	PV-3190B	16" MARIPOSA		73.00	49 911	48/40	113-112	Q-1/(80)	PROJECT3	APERTURA ADECUADA RUIDO FUERA DE NORMA
PB-AC-2	DESVIO	PV-3755	16" MARIPOSA		73.00	49 911	48/40	113-112	Q-3/(80)	PROJECT3	APERTURA ADECUADA RUIDO FUERA DE NORMA
PB-AC-2	DESVIO	PV-6108	12" MARIPOSA	80 8	72.00	53 987	50/49/40	117.6-115.9	Q-4/(356)	PRCJECT3	APERTURA ADECUADA RUIDO FUERA DE NORMA

NOTAS:

- MÉTODO DE CALCULO FISHER.
- LAS VALVULAS ANALIZADAS PERMITEN EL DESVIO DE GAS DE ALIMENTACIÓN A LOS MODULOS DE BAJA Y ALTA PRESIÓN DE CA-AC-4.

OBSERVACIONES:

- LAS VALVULAS PV-3190C, PV-3190B Y PV-3755, PUEDEN MANEJAR 73 MMPCSD DE GAS CADA UNA PARA DESVÍO DE GAS DE ALIMENTACIÓN A LOS MODULOS DE BAJA PRESIÓN CON APERTURAS ADECUADAS 86/48/48 GRADOS, RESPECTIVAMENTE.
- LA VALVULA PV-6108 TIENE LA CAPACIDAD DE MANEJAR 72 MMPCSD DE GAS DEL CABEZAL DE SUCCIÓN DE ALTA PRESIÓN EN FORMA ADECUADA A 49 GRADOS DE APERTURA.
- LOS NIVELES DE RUIDO EN LAS VÁVULAS DE CONTROL ESTAN FUERA DE NORMA, SIN EMBARGO LA OPERACIÓN ES DE CORTA DURACIÓN.
- LOS QUEMADORES 1, 2, 3 Y 4 PUEDEN MANEJAR EL GAS ENVIADO POR LAS VALVULAS DE CONTROL RESPECTIVAS (73 Y 72 MMPCSD), SIN PROBLEMA DE REBASAR SU CAPACIDAD DE QUEMADO.

RECOMENDACIONES:

- TENER ALINEADA LA VÁLVULA DE CONTROL DE PRESIÓN PV-6108 DE 12" DE D.N., AL CABEZAL DE SUCCIÓN DE GAS DE ALTA PRESIÓN PARA ENVÍO DE 72 MMPCSD AL QUEMADOR 4 DE PB-AC-2.
- LOS PUNTOS DE AJUSTE DE LAS VÁVULAS DE CONTROL ESTARÍAN ESCALONADOS, TENIENDO LOS MENORES EN PB-AC-1 E INCREMENTÁNDOSE GRADUALMENTE HASTA LLEGAR A LA VÁLVULAS DE CONTROL DE CA-AC-4.

148

REVISADO POR: [Firma]

7.5.5 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD MÁXIMA DE RELEVO DEL CABEZAL GENERAL DE DESFOGUE DE 18" DE D.N. DEL COMPLEJO AKAL "C".

En esta parte se desarrolla la actividad y análisis para determinar la capacidad máxima de manejo de gas del cabezal general de 18" de D.N., el cual esta interconectado con el cabezal de desfogue de 36" de D.N. que viene de la Plataforma CA-AC-4, para envío de gas a los quemadores 4 y 6 del Complejo Akal "C". (Ver figura 7.2.1).

El análisis del cabezal nos permitirá dar respuesta a la siguiente pregunta:

Cual es la capacidad máxima de gas que se puede manejar en el cabezal de 18" de D.N., para envío a los quemadores 6 y 4 del complejo Akal "C", en la operación de desvío de gas de alimentación en CA-AC-4 y modificación menor del ESD? (Caso 2 del punto 7.5.4).

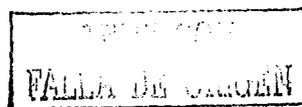
La tabla 7.5.5.1 muestra los resultados obtenidos de la determinación de la capacidad de manejo de gas del cabezal general de desfogue de 18" de D.N., cuya trayectoria es de la Plataforma de Perforación PP-AC-1 a la Plataforma de Compresión CA-AC-1. La tabla referida muestra tres alternativas de configuración de las líneas de interconexión con el cabezal de 18" de D., las cuales son:

La primera alternativa, que corresponde a la configuración actual donde se tienen dos interconexiones; una de 14" y otra de 16" de D.N., para envío de gas al quemador 6 de la Plataforma PB-AC-3 y quemador 4 de la Plataforma PB-AC-2, respectivamente, así como reducción de 18" X 16" y tramo de 16" de D.N., para interconexión con cabezal de 24" de D.N., en la Plataforma de Compresión CA-AC-1. (Ver diagrama esquemático en la parte final de la tabla 7.5.5.1).

La segunda alternativa, denominada con diámetros de 16" y 18" de D.N., considera la sustitución de la interconexión de 14" por una de 16" en la Plataforma PB-AC-3, para envío de gas al quemador 6, manteniendo los demás diámetros de interconexión igual que en la primera alternativa.

Por último, la tercera alternativa denominada con diámetro de 18" de D.N., considera la sustitución de la interconexión de 14" y 16" de D.N., por una de 18" en la Plataforma PB-AC-3 y Plataforma PB-AC-2, para envío de gas a los quemadores 6 y 4, respectivamente. Así como la sustitución de la reducción de 18" X 16" e interconexión directa con cabezal de 24" en la Plataforma de Compresión CA-AC-1.

Es conveniente aclarar que para esta determinación se tomo como representativo, la operación de venteo a partir de la válvula de 3" de D.N., localizada en la tercera etapa de los módulos de compresión de alta presión de la Plataforma CA-AC-4, operando 1 y 2 módulos.



**TABLA 7.5.5.1
CAPACIDAD MÁXIMA DE RELEVO CABEZAL DE DESFOGUE DE 18" D.N.**

ALTERNATIVA: CON DIÁMETROS DE 14", 16" Y 18"
FLUJO = 112 MMPCSD

SISTEMA NUM.	CONTRAPRESION PSIA	DIAMETRO IN	DIAMETRO SONICO IN	VELOCIDAD FT/SEG	VEL. SONICA FT/SEG	NÚMERO DE MACH	TEMPERATURA FINAL (GF)	OBSERVACIÓN
1	26.4989	28.750	9.518	136.43	1244.88	0.110	107.78	ARCHIVOS
2	28.2362	13.124	9.373	634.99	1244.88	0.510	107.78	L18J2.DAT
3	34.6494	16.876	9.08	360.4	1244.88	0.290	107.78	L18J2.RES
4	35.1301	15.000	8.197	371.75	1244.88	0.299	107.78	
5	35.1809	22.624	8.141	161.18	1244.88	0.129	107.78	
6	35.2964	34.500	8.135	69.21	1244.88	0.056	107.78	
7	35.7794	16.876	8.121	288.31	1244.88	0.232	107.78	

ALTERNATIVA: CON DIÁMETROS DE 16" Y 18"
FLUJO = 194 MMPCSD

SISTEMA NUM.	CONTRAPRESION PSIA	DIAMETRO IN	DIAMETRO SONICO IN	VELOCIDAD FT/SEG	VEL. SONICA FT/SEG	NÚMERO DE MACH	TEMPERATURA FINAL (GF)	OBSERVACIÓN
1	28.0643	28.750	12.479	232.78	1235.51	0.188	99.27	ARCHIVOS
2	29.4042	16.876	11.942	618.66	1235.51	0.501	99.27	L18J3.DAT
3	47.3663	16.876	11.667	590.47	1235.51	0.478	99.27	L18J3.RES
4	48.5255	15.000	9.192	463.98	1235.51	0.376	99.27	
5	48.636	22.624	9.082	199.08	1235.51	0.161	99.27	
6	48.8807	34.500	9.071	85.42	1235.51	0.069	99.27	
7	49.1298	16.876	6.398	177.6	1235.51	0.144	99.27	

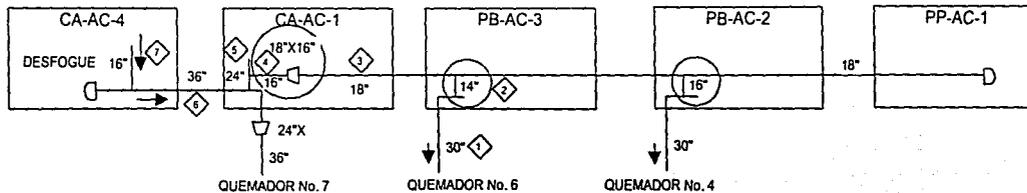
150

REPTING DE TITULO
 REPTING DE TITULO
 REPTING DE TITULO

ALTERNATIVA: CON DIÁMETRO DE 18"
 FLUJO = 200 MMPCSD

SISTEMA NUM.	CONTRAPRESION PSIA	DIAMETRO IN	DIAMETRO SONICO IN	VELOCIDAD FT/SEG	VEL. SONICA FT/SEG	NÚMERO DE MACH	TEMPERATURA FINAL (GF)	OBSERVACIÓN
1	28.2118	28.750	12.677	240.48	1236.82	0.194	100.45	ARCHIVOS
2	29.6694	16.876	12.1	635.8	1236.82	0.514	100.45	L18J4.DAT
3	48.5424	16.876	11.799	604.57	1236.82	0.489	100.45	L18J4.RES
4	49.1367	16.876	9.224	369.52	1236.82	0.299	100.45	
5	49.2527	22.624	9.168	203.12	1236.82	0.164	100.45	
6	49.5093	34.500	9.158	87.14	1236.82	0.070	100.45	
7	49.7708	16.876	6.459	181.15	1236.82	0.146	100.45	

DIAGRAMA ESQUEMATICO DE LA CONFIGURACIÓN DEL CABEZAL GENERAL DE DESFOGUE DE 18" DE D.N.



NOTAS:

- 1.- METODO DE CÁLCULO PARA DETERMINAR CONTRAPRESIONES, CONISON A TRAVÉS DEL PROGRAMA DESFOG90.EXE.
- 2.- LOS DIÁMETROS INTERNOS DE LOS CABEZALES CONSIDERAN ESPESORES ROBUSTOS.
- 3.- LA CAPACIDAD MÁXIMA CONSIDERA UN NÚMERO DE MACH APROXIMADO DE 0.5 EN EL CABEZAL DE MENOR DIÁMETRO.

OBSERVACIONES:

- 1.- LA INTERCONEXIÓN DE 14" DE D.N. EN PB-AC-3, LIMITA LA CAPACIDAD DEL CABEZAL GENERAL DE 18" DE D.N., POR LO QUE SOLO SE PUEDE MANEJAR UN FLUJO DE 112 MMPCSD DE GAS.
- 2.- SI LA INTERCONEXIÓN DE 14" DE D.N. SE SUSTITUYE POR UNA DE 16" DE D.N., EL CABEZAL PUEDE INCREMENTAR SU CAPACIDAD HASTA UN FLUJO DE 194 MMPCSD DE GAS.
- 3.- SI LAS INTERCONEXIONES DE 14" Y 16" DE D.N. SE SUSTITUYEN POR UNA DE 16" DE D.N., EL CABEZAL PUEDE INCREMENTAR SU CAPACIDAD HASTA UN FLUJO MÁXIMO DE 200 MMPCSD DE GAS.

RECOMENDACIONES:

- 1.- CON BASE A LO ANTERIOR, SE RECOMIENDA CAMBIAR LA INTERCONEXIÓN DE 14" DE D.N. EN PB-AC-3 Y 16" DE D.N. EN PB-AC-2 A 18" DE D.N. ASÍ COMO ELIMINAR LA REDUCCIÓN DE 18" X 16" EN CA-AC-1 Y REALIZAR LA INTERCONEXIÓN DE 18" DIRECTAMENTE CON EL CABEZAL DE 24" DE D.N.
- 2.- PARA LA DISTRIBUCIÓN DE FLUJOS, LOS 200 MMPCSD DE GAS LOS MANEJARÍAN ENTRE LOS QUEMADORES 4 Y 6, Y EL QUEMADOR 7 TENDRÍA LA CAPACIDAD PARA MANEJAR 350 MMPCSD, PARA DAR UN TOTAL DE 550 MMPCSD DE GAS DE VENTEO EN LA OPERACIÓN DE DESVÓ.

151

FALTA DE CANTIDAD

7.5.6 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE LOS TANQUES DE DESFOGUE DEL COMPLEJO AKAL "C".

En este punto se desarrolla la actividad y análisis para determinar la capacidad de manejo de gas de los tanques de desfogue existentes de baja y alta presión en las Plataformas de Producción y Compresión, para envío de gas a los quemadores asociados del Complejo Akal "C".

El análisis de los tanques nos permitirá contestar las siguientes preguntas:

Los tanques de desfogue de baja y alta presión existentes en las Plataformas de Producción PB-AC-1, PB-AC-2 y PB-AC-3, así como en la Plataforma de Compresión CA-AC-1, tienen las dimensiones adecuadas para manejar la capacidad máxima de quemado de gas de cada uno de los quemadores elevados asociados, determinada en el punto 7.5.2?

Y por otra parte, conocer si los tanques existentes son adecuados para manejar el flujo de gas requerido en la operación de desvío de gas de alimentación, determinado en el Caso No. 2 del punto 7.5.4?

En la primera parte de la tabla 7.5.6.1 se presentan los resultados obtenidos de la revisión de la capacidad de manejo de gas de los tanques de desfogue de baja presión de las plataformas PB-AC-1, PB-AC-2 y PB-AC-3, así como el tanque de desfogue de alta presión de la plataforma PB-AC-1, los cuales de acuerdo a la configuración del sistema pueden manejar el gas de desfogue de la propia plataforma y el gas de desvío del cabezal general de succión de compresores Booster, previo paso por las válvulas de control de presión PV-3190B de 16" de D.N., PV-3755 de 16" de D.N. y PV-3190C de 12" de D.N., respectivamente, las cuales están asociados a los quemadores 1, 3 y 2.

En la segunda parte de la tabla 7.5.6.1 se muestran los resultados obtenidos de la revisión de la capacidad de manejo de gas de los tanques de desfogue de alta presión de las plataformas PB-AC-2, PB-AC-3 y CA-AC-1, así como el tanque de desfogue de baja presión de la misma plataforma CA-AC-1, los cuales de acuerdo a la configuración del sistema pueden manejar el gas de desfogue de la propia plataforma y el gas de alta presión principalmente de las válvulas de venteo de los módulos de compresión de alta presión de la Plataforma de Compresión CA-AC-4.

Es conveniente aclarar que en la operación de desvío de gas de alimentación del Caso No. 2, previo paso por los tanques referidos anteriormente, se distribuye el gas venteado a los quemadores 7, 6 y 4 del Complejo Akal "C".

TABLA 7.5.6.1

RESULTADOS DE LA REVISIÓN DE LA CAPACIDAD DE LOS TANQUES DE DESFOGUE DEL COMPLEJO AKAL "C".

DATOS REQUERIDOS:

S	32 2000	psisseg	Aceleración debido a la gravedad	Requerido
D	0.0020	ft	Diámetro de partícula	Calculado
Den L	42.9245	lb/ft ³	Densidad del líquido (NOTA 2)	GRAFICA/TABLAS
Den G	0.0758	lb/ft ³	Densidad del gas @ cond. De op.	
C	0.8000	Adim.	Coefficiente de arrastre (Fig. 9 página 53, API-RP-521)	
Mu	0.0103	cp	Viscosidad del gas	
Uc	7.5953	ft/seg	Velocidad de salida de la gota	f(C)
Wg	231.3630	lb/hr	Flujo mássico VAPOR	
Wlq	13.278.00	lb/hr	Flujo mássico LIQUIDO	8.00E+1 (API-RP-521)
Rv	847.8562	ft/seg	Proporción de vapor	80.0 MMPCSD
TEMP.	116.4500	F		26.340 PM
PRESIÓN	3.0000	psig		

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE ARRASTRE:

DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE DESPRENDIMIENTO DE LA GOTA

$$C(Re)2 = \frac{0.95^{1/4} (W/Den G)^{1/3} (Den L - Den G)}{(Mu)2}$$

$$Uc = (1.15) \text{RAIZ} (g * D (Den L - Den G) / (Den G * C))$$

$$C(Re)2 = 22.16528$$

DE LA GRÁFICA DE LA FIGURA 9, SE OBTIENE C= 0.80000

DESARROLLO DEL METODO ITERATIVO:

500 gal 30 min
VOLUMEN T. RESIDENCIA

f(Uc) f(Rv)

ITERACION	PLATAFORMA	TANQUE DIAMETRO INTERIOR D int (ft)	TANQUE LONGITUD INTERIOR L int (ft)	L/D	ÁREA SECCIONAL TRANSVERSAL				PROFUNDIDAD VERTICAL DE LIQUIDO Y ESPACIO VAPOR				CADA DE LIQUIDO tempo. (hrs)	VELOCIDAD DEL VAPOR Uv (ft/seg)	LONGITUD REQUERIDA Lm (ft)	OBSERVACION	DIFERENCIA
					ÁREA SECCIONAL TRANSVERSAL				PROFUNDIDAD VERTICAL DE LIQUIDO Y ESPACIO VAPOR								
					TOTAL	ÁREA DRENE	ÁREA LIQUIDO	ÁREA VAPOR	M1	M1 + M2	Rv	M					
No.					Az (ft ²)	A11 (ft ²)	A12 (ft ²)	Av (ft ²)	M1 (ft)	M1 + M2 (ft)	Rv (ft/seg)	M (ft)					
1	PB-AC-1 (BP)	5.00	15.75	3.1500	19.6350	4.2441	9.8201	5.5707	16.1400	42.4400	19.5600	60.0000	0.2118	152.1889	32.2341	(NOTA 3)	-16.4841
2	PB-AC-1 (AP)	7.00	21.65	3.0929	38.4845	3.0875	7.1440	28.2530	11.3400	26.1240	57.8760	84.0000	0.6267	30.0994	18.8058	(NOTA 3)	2.8442
3	PB-AC-2/3 (BP)	5.00	14.70	2.9400	19.6350	4.5473	10.5216	4.5661	16.9200	43.0200	16.9800	60.0000	0.1839	165.8841	34.1388	(NOTA 3)	-19.4388
4		6.00	18.00	3.0000	28.2743	3.7136	8.5926	15.5681	13.8080	32.3280	39.6720	72.0000	0.4296	53.0968	22.6080		-4.8080
5		6.50	19.50	3.0000	33.1831	3.4279	7.9316	21.8235	12.4800	29.2500	48.7500	78.0000	0.5278	38.5506	20.5073		-1.0073
6		7.00	21.00	3.0000	38.4845	3.1831	7.3651	27.9363	11.5060	26.7960	57.2040	84.0000	0.6194	30.3496	18.7981		-2.2019
7		6.50	20.00	3.0769	33.1831	3.3422	7.7333	22.1075	12.2460	29.7040	49.2960	78.0000	0.5338	38.3516	20.4706		-0.4706
8		6.50	20.50	3.1538	33.1831	3.2607	7.5447	22.3776	12.0900	28.1580	49.8420	78.0000	0.5397	37.8866	20.4475	Lim. LE Lmq	0.0525

NOTAS:

- METODO DE CALCULO ITERATIVO, API-RP-521, CUARTA EDICIÓN, MARZO DE 1997
- LA CANTIDAD DE LIQUIDO Y DENSIDAD SE TOMO DE LA EXPANSIÓN ISOENTROPICA A 0 PSIG
- DIMENSIONES DEL TANQUE DE DESFOGUE DE BAJA O ALTA PRESIÓN EXISTENTE EN LA PLATAFORMA

OBSERVACIONES:

- PARA 600 MICRONES DE TAMAÑO DE PARTICULA, LAS DIMENSIONES IDEALES DEL TANQUE DE DESFOGUE SERIAN: DIÁMETRO DE 6 PIES Y LONGITUD TANGENTE A TANGENTE DE 20.5 PIES, PARA MANEJAR LOS 80 MMPCSD DE GAS
- LAS DIMENSIONES ESTIMADAS DEL TANQUE DE DESFOGUE, SON EN PROMEDIO 30% MAS GRANDES QUE LAS DEL TANQUE EXISTENTE DE BAJA PRESIÓN EN PB-AC-1, SIN EMBARGO, PARA UNA OPERACIÓN DE CONTINGENCIA EL TANQUE EXISTENTE PUEDE MANEJAR LA CAPACIDAD DE 80 MMPCSD DE GAS, CON UNA VELOCIDAD ALTA DE LA FASE GASEOSA DE 152.19 FT/SEG, CON PROBABILIDAD DE ARRASTRE DE LIQUIDOS.
- LAS DIMENSIONES DEL TANQUE DE DESFOGUE EXISTENTE DE ALTA PRESIÓN EN PB-AC-1 SON APROXIMADAMENTE 7% MAYORES QUE LAS DEL TANQUE REQUERIDO, EN CONSECUENCIA EL TANQUE EXISTENTE PUEDE MANEJAR SIN PROBLEMAS LA CAPACIDAD DE 80 MMPCSD DE GAS
- LAS DIMENSIONES ESTIMADAS DEL TANQUE DE DESFOGUE: SON EN PROMEDIO 35% MAS GRANDES QUE LAS DE LOS TANQUES EXISTENTES DE BAJA PRESIÓN EN PB-AC-2 Y PB-AC-3, SIN EMBARGO, PARA UNA OPERACIÓN DE CONTINGENCIA LOS TANQUES EXISTEN PUEDE MANEJAR LA CAPACIDAD DE 80 MMPCSD DE GAS, CON UNA VELOCIDAD DE LA FASE GASEOSA DE 185.68 FT/SEG, CON MAYOR PROBABILIDAD DE ARRASTRE DE LIQUIDOS
- CON LAS DIMENSIONES DE LOS TANQUES EXISTENTES DE BAJA PRESIÓN EN PB-AC-1, PB-AC-2 Y PB-AC-3, ES DIFÍCIL QUE SE PUEDAN MANEJAR LOS FLUJOS REQUERIDOS CON TAMAÑOS DE PARTICULA MENORES A 600 MICRONES
- LOS FACTORES QUE CONTROLAN LAS DIMENSIONES DEL TANQUE SON EL TAMAÑO DE PARTICULA, EL COEFICIENTE DE ARRASTRE Y EL FLUJO VOLUMETRICO DEL GAS, DEBIDO A QUE LA CANTIDAD DE LIQUIDO (6%) ES PEQUEÑA COMPARADA CON LA MASA DEL GAS
- LOS TANQUES DE DESFOGUE DE BAJA PRESIÓN DE PB-AC-1 Y PB-AC-2/3 PUEDEN MANEJAR UNA CAPACIDAD MENOR DE 73 MMPCSD, CON UNA VELOCIDAD DE LA FASE GAS DE 138.8 Y 169.4 FT/SEG, RESPECTIVAMENTE, CON PROBABILIDAD DE ARRASTRE DE LIQUIDOS.
- EN GENERAL, DE ACUERDO AL API-RP-521 LA VELOCIDAD DEL GAS EN EL TANQUE DEBE SER LA NECESARIA PARA SEPARAR PARTÍCULAS DE LIQUIDO DE 300 A 600 MICRONES EN DIÁMETRO.

153

MATERIAL CONTROL
 CONTROL
 CONTROL

TABLA 7.5.6.1 (CONTINUACIÓN...)

RESULTADOS DE LA REVISIÓN DE LA CAPACIDAD DE LOS TANQUES DE DESFOGUE DEL COMPLEJO AKAL "C".

DATOS REQUERIDOS:

G	32 2000 pps/seg	Aceleración debida a la gravedad	Requerido
D	0.0020 ft	Dámetro de partícula	Calculado
Den L	42.5752 lb/ft ³	Densidad del líquido (NOTA 2)	GRÁFICAS/TABLAS
Den G	0.0941 lb/ft ³	Densidad del gas @ cond. De op	
C	0.7000 Adim	Coefficiente de arrastre (Fig 9 página 53, API-RP-521)	
Mu	0.0089 cp	Viscosidad del gas	
Uc	7.3527 ft/seg	Velocidad de salida de la gota	(f(C))
Wg	940.554 0 lb/hr	Flujo máscro VAPOR	
Wliq	13,570.00 lb/hr	Flujo máscro LIQUIDO	40.0 GPM
Rv	2,776.4907 ft/seg	Proporción de vapor.	356.0 MMPCSD
TEMP	13.5900 F		24.0640 PA
PRESIÓN	5.0000 psig		

DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE DESPRENDIMIENTO DE LA GOTA

Uc = (1.15) RAIZ (g * D (Den L - Den G) / (Den G * C))

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE ARRASTRÉ:

C(Re)2 = 0.95 * (10 / Den G) * (Den L - Den G) / (Mu)2

C(Re)2 = 36.571.05

DE LA GRÁFICA DE LA FIGURA 9, SE OBTIENE C= 0.70000

DESARROLLO DEL METODO ITERATIVO:

ITERACIÓN	PLATAFORMA	TANQUE DIAMETRO INTERIOR (ft)	TANQUE LONGITUD INTERIOR (ft)	L/D	AREA SECCIONAL TRANSVERSAL				PROFUNDIDAD VERTICAL DE LIQUIDO Y ESPACIO VAPOR				CAIDA DE LIQUIDO (ft)	VELOCIDAD DEL VAPOR (ft/seg)	LONGITUD REQUERIDA (ft)	OBSERVACIÓN	DIFERENCIA
					TOTAL	AREA DRENE	AREA LIQUIDO	AREA VAPOR	h1	h1 + h2	h3	h4					
					(ft ²)	(ft ²)	(ft ²)	(ft ²)	(ft)	(ft)	(ft)	(ft)					
1	PB-AC-2 (AF)	6.00	24.00	3.0000	50.2655	2.7852	6.5402	40.8401	9.5843	23.3260	12.6720	95.0000	0.8236	67.5845	55.5948	(NOTA 2)	-31.9948
2	CA-AC-1 (BF)	10.00	25.00	2.5000	78.5398	2.6730	6.3748	69.4914	9.0000	20.7600	99.2400	120.0000	1.1248	39.9544	44.9389	(NOTA 3)	-19.9389
3	CA-AC-1 (AF)	10.00	25.00	2.5000	78.5398	2.6738	6.3746	69.4914	9.0000	20.7600	99.2400	120.0000	1.1248	39.9544	44.9389	(NOTA 3)	-19.9389
4		10.00	28.00	2.8000	78.5398	2.3873	5.6916	70.4609	8.4000	19.2000	104.8000	120.0000	1.1424	39.4047	45.0173		-17.0173
5		10.50	31.50	3.0000	86.5901	2.1221	5.0592	79.4089	7.5600	17.2620	108.7380	126.0000	1.2324	34.9645	43.0903		-11.5903
6		11.00	33.00	3.0000	95.0332	2.0258	4.8292	88.1783	7.2600	16.5000	115.5000	132.0000	1.3090	31.4672	41.2180		-8.2180
7		11.50	34.50	3.0000	103.8889	1.9375	4.6193	97.3121	6.9600	15.7320	122.2650	138.0000	1.3857	28.5518	39.5378		-5.0378
8		12.00	36.00	3.0000	113.0973	1.8568	4.4268	106.8137	6.6240	15.1200	128.6800	144.0000	1.4607	25.9938	37.5987		-1.5987
9		12.00	36.00	3.1667	113.0973	1.7591	4.1938	107.1444	6.1364	14.5440	129.4560	144.0000	1.6572	25.9135	38.0207		-0.0207
10		12.50	36.50	3.2083	113.0973	1.7362	4.1394	107.2218	6.3360	14.4000	129.6000	144.0000	1.4698	25.8948	38.0355	Limite Lido	0.4645

NOTAS:

- 1- METODO DE CALCULO ITERATIVO, API-RP-521, CUARTA EDICIÓN, MARZO DE 1997
- 2- LA CANTIDAD DE LIQUIDO Y DENSIDAD SE TOMÓ DE LA EXPANSIÓN ISENTROPICA A 0 PSIG
- 3- DIMENSIONES DEL TANQUE DE DESFOGUE DE BAJA O ALTA PRESIÓN EXISTENTE EN LA PLATAFORMA

OBSERVACIONES:

- 1- PARA 600 MICRÓNES DE TAMAÑO DE PARTICULA, LAS DIMENSIONES IDEALES DEL TANQUE DE DESFOGUE SERÍAN: DIÁMETRO DE 12.0 PIES Y LONGITUD TANGENTE A TANGENTE DE 38.5 PIES, PARA MANEJAR LOS 356 MMPCSD DE GAS.
- 2- LAS DIMENSIONES ESTIMADAS DEL TANQUE DE DESFOGUE: SON EN PROMEDIO 55% MAS GRANDES QUE LAS DEL TANQUE EXISTENTE DE ALTA PRESION EN PB-AC-2, SIN EMBARGO, PARA UNA OPERACIÓN DE CONTINGENCIA EL TANQUE EXISTENTE, PUEDE MANEJAR LA CAPACIDAD DE 356 MMPCSD DE GAS, CON UNA VELOCIDAD ALTA DE LA FASE GASEOSA DE 67.98 FT/SEG, CON PROBABILIDAD DE ARRASTRÉ DE LIQUIDOS
- 3- LAS DIMENSIONES ESTIMADAS DEL TANQUE DE DESFOGUE, SON EN PROMEDIO 37% MAS GRANDES QUE LAS DE LOS TANQUES EXISTENTES DE BAJA Y ALTA PRESION EN CA-AC-1, SIN EMBARGO, PARA UNA OPERACIÓN DE CONTINGENCIA LOS TANQUES EXISTENTES PUEDE MANEJAR LA CAPACIDAD DE 356 MMPCSD DE GAS, CON UNA VELOCIDAD ACEPTABLE DE LA FASE GASEOSA DE 39.85 FT/SEG
- 4- EL TANQUE DE DESFOGUE DE ALTA PRESION EXISTENTE EN LA PLATAFORMA PB-AC-2, PUEDE MANEJAR SIN PROBLEMA LOS 203 MMPCSD DE GAS, CON UNA VELOCIDAD DE 38.76 FT/SEG

54

MEDIO TALLA DE CALIBRE
 TRESIS CON
 NUCI SISEL

7.6 REVISIÓN DEL DISEÑO DE LAS VÁLVULAS DE RELEVO DE PRESIÓN Y VÁLVULAS DE VENDEO DE LA PLATAFORMA DE COMPRESIÓN CA-AC-4.

En este punto se concentra el análisis y se desarrolla la actividad para revisar el diseño de las válvulas de relevo de presión y válvulas de venteo de cada una de las secciones de proceso y servicios que tiene la Plataforma de Compresión CA-AC-4.

Este análisis de las válvulas de relevo y venteo nos permitirá determinar si tienen la capacidad suficiente para relevo de gas en caso de una sobrepresión o un evento de paro y depresurización de los módulos de compresión de baja y alta presión, así como asentar las bases para el análisis de cargas al sistema de desfogue y simulación de presión dinámica para determinar los flujos instantáneos para quemado de gas.

Los resultados se estructuran en cinco tablas, las primeras tres corresponden a la sección de manejo de gas de proceso y las dos siguientes a los sistemas de servicios, gas combustible y manejo de condensados, respectivamente.

En la tabla 7.6.1 se presenta los resultados obtenidos de la revisión de las válvulas de relevo, control de presión y venteo de la sección de separación de baja, así como los dos módulos de compresión de baja presión de la Plataforma de Compresión CA-AC-4, en la cual se determina el área de relevo requerida para la causa de relevo especificada, comparándola con la seleccionada.

En la siguiente tabla 7.6.2 se indican los resultados generados en la revisión de las válvulas de relevo, control de presión y venteo, correspondientes a la sección de separación de presión intermedia de la Plataforma de Compresión CA-AC-4.

Posteriormente en la tabla 7.6.3 se presenta los resultados obtenidos de la revisión de las válvulas de relevo, control de presión y venteo de los cuatro módulos de compresión de alta presión de la Plataforma de Compresión CA-AC-4, en cada una de sus tres etapas de compresión respectivas.

En lo que respecta a los servicios, la tabla 7.6.4 muestra los resultados obtenidos de la revisión de las válvulas de relevo y venteo del sistema de filtración y acondicionamiento de gas combustible de la Plataforma de Compresión CA-AC-4.

Por último, en la tabla 7.6.5 se indican los resultados generados en la revisión de las válvulas de relevo y venteo, correspondientes al sistema de manejo de condensados de la Plataforma de Compresión CA-AC-4.

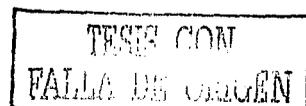


TABLA 7.6.1
RESULTADOS DE LA REVISIÓN DE LAS VÁLVULAS DE RELEVO DE PRESIÓN, CONTROL Y VENTEO
DE LOS MÓDULOS DE COMPRESIÓN DE BAJA PRESIÓN DE LA PLATAFORMA CA-AC-4.

CONCEPTO	UNIDADES	PSV-4203AA PSV-4203BA	PSV-4204AA PSV-4204BA	PSV-4206AA PSV-4206BA	PSV-4222A	PV-4222E	UV-4206AC UV-4206BC	UV-4222B	OBSERVACIONES
CANTIDAD		1 X MÓDULO	1 X MÓDULO	1 X MÓDULO	1	1	1 X MÓDULO	1	
SECCIÓN		COMP B.P.	COMP B.P.	COMP B.P.	SUCCION B.P.	SUCCION B.P.	DESC COMP. B.P.	SUCCION B.P.	
DTI		F-001	F-002	F-002	F-01B	F-01B	F-002	F-01B	
CLAVE		PSV- 4203AA/4203BA	PSV- 4204AA/4204BA	PSV- 4206AA/4206BA	PSV-4222A	PV-4222E	UV- 4206AC/4206BC	UV-4222B	
SERVICIO		FILTRO SEP. SUC FG- 4203A/B	DESC COMP. GB. 4201A/4202A	SEP DESCARGA FA-4206A/B	SEP BAJA PRESION FA-4222	CONTROL DE PRESIÓN	VENTEO	VENTEO	
TIPO		PILOTO	PILOTO	PILOTO	PILOTO	MARIPOSA	ON-OFF	ON-OFF	
ORIFICIO		H	T	H	T	7600 CLASS2	3"	3"	
TAMAÑO	PULG X PULG	2" X 3"	8" X 10"	2" X 3"	8" X 10"	16"	3"-150# RF	3"-150# RF	
A. CALCL.	(PULG 2)	0.8347	21.9826	0.7911	20.8732				NOTA 3
A. NOM.	(PULG 2)	0.785	26	0.785	26	75 GRADOS			NOTA 1
SOBREPRESIÓN	(%)	21	10	21	10				
CAUSA		FUEGO	DESC BLOQ	FUEGO	DESC BLOQ	VENTEO	VENTEO	VENTEO	
FLUIDO		GAS AMARGO	GAS AMARGO	GAS AMARGO	GAS AMARGO	GAS AMARGO	GAS AMARGO	GAS AMARGO	
CAP. REQ.	(LB/HR)	14.225 50	318.622 49	13.643 50	314.824 00	855.458 00	42.420 00	15.376 58	
	(MMPCSD)	4.91	110.03	4.79	131.80	295.55	15.01	5.31	
P.M.		26.34	26.34	26.34	26.34	26.34	26.75	26.34	
P. OPERACIÓN	(PSIG)	120.7	120.7	120.7	120.7	86.3	110.7	56.9	
P. AJUSTE	(PSIG)	200	200	200	200				
T. OPERACIÓN	(GRAD F)	120	280.2	120	120	120	120	120	
T. RELEVO	(GRAD F)	250	309.42	277	120	120	120	120	
CÓDIGO		ASME SEC VIII	ASME SEC VIII	ASME SEC VIII	ASME SEC VIII				
P1	(PSIA)	256.7	234.7	256.7	234.7				
Z	ADIM	0.6834	0.952	0.683	0.68	0.9358	0.963	0.935P	
K	ADIM	1.2091	1.22	1.22	1.27	1.2091	1.2061	1.2091	
C	ADIM	339.05	339.24	339.24	344.13				
VISCOSIDAD	(cp)	0.0104	0.0105	0.0105	0.0105	0.0105	0.012	0.0105	
ÁREA REV.	(PULG 2)	0.8347	21.9826	0.7911	20.8732				CON Kb=1.00
CAP. MÁX.	(LB/HR)	13.377 22	376.851 18	13.752 77	465.646 76	911.417 50	NOTA 4	NOTA 4	
	(MMPCSD)	4.62	130.14	4.75	164.17	325.10			
C.REQ./C.MÁX.	(%)	106.34	84.55	100.78	80.28	90.91			

NOTAS:

- (1) - SE TOMA COMO REFERENCIA LAS ÁREAS NOMINALES DE PSV DE ACUERDO AL API-STANDARD-526
- (2) - INFORMACIÓN PARA LA REVISIÓN DE LAS VÁLVULAS DE SEGURIDAD, HOJAS DE DATOS Y DTI'S SOLAR TURBINES
- (3) - MÉTODO DE CÁLCULO API-RP-520 PARA LA REVISIÓN DEL ÁREA DE RELEVO DE LAS PSV'S
- (4) - EL DATO DE FLUJO CORRESPONDE A LAS CONDICIONES INICIALES DEL VENTEO t=0 SEG

OBSERVACIONES:

- 1.- LA PSV-4203AA/AB NO TIENE EL ÁREA REQUERIDA PARA RELEVO DE 4.91 MMPCSD DE GAS EN CASO DE FUEGO.
- 2.- LAS VÁLVULAS DE RELEVO EXCEPTO LA PSV-4203AA/AB, CONTROL Y VENTEO TIENEN LA CAPACIDAD ADECUADA PARA MANEJAR LOS FLUJOS DE GAS REQUERIDOS A DESFOGUE Y/O VENTEO
- 3.- LAS VÁLVULAS DE VENTEO NO SON RESTRICATIVAS PARA EL FLUJO REQUERIDO Y EL VALOR CORRESPONDE A UN TIEMPO INICIAL A t=0 SEG

156

REVISADO POR
 INGENIERO DE ORIGIN

A calc < A hoja calc 239.7 MMPCSD CAP. MAX.

TABLA 7.6.2
RESULTADOS DE LA REVISIÓN DE LAS VÁLVULAS DE RELEVO DE PRESIÓN, CONTROL Y VENTEO
DE LA SECCIÓN DE PRESIÓN INTERMEDIA DE LA PLATAFORMA CA-AC-4.

CONCEPTO	UNIDADES	PSV-4223B	PSV-4223A	PSV-4556B		PV-4223F		UV-4223E	OBSERVACIONES
CANTIDAD		1	1	1		1		1	
SECCIÓN		PRESION INT.	PRESION INT.	PRESION INT.		SUCCION A.P.		CABEZAL DE P.I.	
DTI		F-019	F-019	F-019		F-019		F-019	
CLAVE		PSV-4223B	PSV-4223A	PSV-4556B		PV-4223F		UV-4223E	
SERVICIO		SEP. PRESION INT. FA-4223	DESC. BLOQ FA 4223	CAB. CONO PRESION INT.		CONTROL DE PRESION		VENTEO	
TIPO		PILOTO	PILOTO	CONVENCIONAL		MARIPOSA		ON-OFF	
ORIFICIO		H	T	NOMINAL		7500 CLASS2		3"	
TAMAÑO	PULG. X PULG.	2" X 3"	8" X 10"	1" X 1"		16"		3"-150# RF	
A. CALCL.	(PULG 2)	0.7563	18.8792	0.0015					NOTA 3
A. NOM.	(PULG 2)	0.785	26	0.11		70 GRADOS			NOTA 1
SOBREPRESION	(%)	21	10	25					
CAUSA		FUEGO	DESC BLOQ	EXP. TÉRMICA		VENTEO		VENTEO	
FLUIDO		GAS AMARGO	GAS AMARGO	CONDENSADO		GAS AMARGO		GAS AMARGO	
CAP. REQ.	(LB/HR)	32.156.05	349.558.00	266.00		1.011.907.00		45.724.34	
	(MMPCSD)	3.25	132.46	349.46		15.79		15.79	
P.M.		90	26.34	93.425		26.34		26.34	
P. OPERACIÓN	(PSIG)	95.29	95.29	95.29		95.29		95.29	
P. AJUSTE	(PSIG)	250	250	265					
T. OPERACIÓN	(GRAD F)	120	120	120		120		120	
T. RELEVO	(GRAD F)	120	143.03	120		120		120	
CÓDIGO		ASME SEC VIII	ASME SEC VIII	0.6741					
P1	(PSIA)	317.2	289.7	345.95					
Z	ADIM	0.9724	0.9724	0.9729		0.9729		0.9724	
K	ADIM	1.27	1.2214	1.1673		1.2214		1.2214	
C	ADIM	344.13	339.39						
VISCOSIDAD	(cp)	0.0105	0.0104	0.0121		0.0106		0.0105	
ÁREA REV.	(PULG 2)	0.7563	18.8792	0.0015					CON Kb=1.00
CAP. MÁX.	(LB/HR)	33.375.94	528.265.02	30.20		1.192.709.10			NOTA 4
	(MMPCSD)	3.37	182.43	(GPM)		411.90			
C.REQ./C.MÁX.	(%)	96.34	72.61	2.51		84.84			
		ADECUADA	ADECUADA	SOBRADA		ADECUADA			

NOTAS:

- (1) - SE TOMA COMO REFERENCIA LAS ÁREAS NOMINALES DE PSV DE ACUERDO AL API-STANDARD-526
- (2) - INFORMACIÓN PARA LA REVISIÓN DE LAS VÁLVULAS DE SEGURIDAD, HOJAS DE DATOS Y DTI'S SOLAR TURBINES.
- (3) - METODO DE CÁLCULO API-PP-520 PARA LA REVISIÓN DEL ÁREA DE RELEVO DE LAS PSV'S.
- (4) - EL DATO DE FLUJO CORRESPONDE A LAS CONDICIONES INICIALES DEL VENTEO t=0 SEG.

OBSERVACIONES:

- 1- LAS VÁLVULAS DE RELEVO, CONTROL Y VENTEO TIENEN LA CAPACIDAD ADECUADA PARA MANEJAR LOS FLUJOS DE GAS REQUERIDOS A DESFOGUE Y/O VENTEO.
- 2- LAS VÁLVULAS DE VENTEO NO SON RESTRICTIVAS PARA EL FLUJO REQUERIDO Y EL VALOR CORRESPONDE A UN TIEMPO INICIAL A t=0 SEG.

157

TRABAJO CON FALLA DE CERRAM

TABLA 7.64
 RESULTADOS DE LA REVISIÓN DE LAS VÁLVULAS DE RELEVO DE PRESIÓN Y VENTEO
 DEL SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO DE GAS COMBUSTIBLE DE LA PLATAFORMA CA-AC-4.

CONCEPTO	UNIDADES	PSV-4550B	PSV-4551A	PSV-4553AAA/BA	PSV-4554AA/BA	PSV-4554AB	PSV-4555AA	PSV-4555A/B/A	PSV-4556A	PSV-4557A	UV-4555AB	UV-4554AA	UV-4554AC	OBSERVACIONES
CANTIDAD		1	1	2	2	1	1	2	1	1	1	1	1	
SECCIÓN		FILTRACIÓN	FILTRACIÓN	TRATAMIENTO	TRATAMIENTO	TRATAMIENTO	TRATAMIENTO	TRATAMIENTO	PAQ ENTRADA	PAQ ENTRADA	TRATAMIENTO	TRATAMIENTO	TRATAMIENTO	
DTI		F-031	F-032	F-032	F-032	F-032	F-033	F-033	F-017	F-017	F-011	F-032	F-032	
CLAVE		PSV-4550B	PSV-4551A	PSV-4553AAA/BA	PSV-4554AA/BA	PSV-4554AB	PSV-4555AA	PSV-4555A/B/A	PSV-4556A	PSV-4557A	UV-4555AB	UV-4554AA	UV-4554AC	
SERVICIO		INTERCAMB DE CALOR EA-4550	FA-4551	FILTRO SEPARADOR FG-4553AF-4553B	LALENTADOR DE GAS EA-4554AA/EA-4554B	5" 800-040-F1012	6" 460-040-F1014	FILTRO SEP FG-4555AF-4555B	ENTRADA PAQ GAS COMB FA-4556	INTERCAMB DE CALOR EA-4557	VENTEO	VENTEO	VENTEO	
TIPO		PILOTO	PILOTO	CONVENCIONAL	CONVENCIONAL	PILOTO	PILOTO	CONVENCIONAL	PILOTO	CONVENCIONAL	ON-OFF	ON-OFF	ON-OFF	
ORIFICIO		G	N	NOMINAL	NOMINAL	N	N	NOMINAL	M	NOMINAL	Z	Z	Z	
TAMAÑO	PULG X PULG	2" X 3"	4" X 6"	3/4" X 1"	3/4" X 1"	4" X 6"	3" X 4"	3/4" X 1"	2" X 3"	3/4" X 1"	2" 150W RF	2" 300W RF	2" 300W RF	
A. CALCL	(PULG 2)	0.4536	3.0483	0.0918	0.0921	4.1512	1.1757	0.0361	0.7458	0.0771				NOTA 3
A. NOM	(PULG 2)	3.503	4.34	0.11	0.11	4.34	1.287	0.11	0.785	0.11				NOTA 1
SOBREPRESION	(%)	10	10	21	21	10	10	21	10	21				
CAUSA		RUP. DE TUBOS	DESC BLOO	FUEGO	FUEGO	FALLA CONTROL	FALLA CONTROL	FUEGO	DESC BLO	FUEGO	VENTEO	VENTEO	VENTEO	
FLUIDO		GAS COMBUSTIBLE	GAS COMBUSTIBLE	GAS COMBUSTIBLE	GAS COMBUSTIBLE	GAS COMBUSTIBLE	GAS COMBUSTIBLE	GAS COMBUSTIBLE	GAS COMBUSTIBLE	GAS COMBUSTIBLE	GAS COMBUSTIBLE	GAS COMBUSTIBLE	GAS COMBUSTIBLE	
CAP REQ	(LBHR)	25.270 X	184.672 X	4.271 X	4.271 X	147.540 X	42.714 X	4.271 X	147.540 X	4.271 X	46.743 X	46.743 X	46.743 X	
	(MMPSCD)	12.11	81.81	2.70	2.70	77.50	12.33	0.42	40.00	4.55	15.70	39.79	75.45	
P.M		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
P. OPERACION	(PSIG)	750	750	867.75	867.75	564.7	317.2	347.45	1499.7	1648.2				
P. AJUSTE	(PSIG)	750	750	867.75	867.75	564.7	317.2	347.45	1499.7	1648.2				
T. OPERACION	(GRAD F)	60	60	60	60	60	60	60	60	60				
T. RELEVO	(GRAD F)	170	170	170	170	170	170	170	170	170				
CÓDIGO		ASME SEC VIII	ASME SEC VIII	ASME SEC VIII	ASME SEC VIII	ASME SEC VIII	ASME SEC VIII	ASME SEC VIII	ASME SEC VIII	ASME SEC VIII				
P1	(PSIA)	790.2	790.2	867.75	867.75	564.7	317.2	347.45	1499.7	1648.2				
Z	ADM	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0				
K	ADM	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0				
C	ADM	346.03	346.03	344.13	344.13	344.13	344.13	344.13	344.13	344.13				
VISCOSIDAD	(cp)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0				
ÁREA REV	(PULG 2)	0.4536	3.0483	0.0918	0.0921	4.1512	1.1757	0.0361	0.7458	0.0771				CON 10=1.00
CAP. MÁX	(LBHR)	24.66072	213.46904	5.84633	5.82362	148.76630	24.78043	2.29436	76.35941	11.74684	NOTA 4	NOTA 4	NOTA 4	
	(MMPSCD)	13.43	119.27	3.23	3.22	81.03	13.50	1.27	42.10	8.49				
C. REQ./C. MÁX	(%)	90.18	70.19	83.42	83.74	95.85	91.35	32.78	95.61	70.08				
		ADECUADA	ADECUADA	ADECUADA	ADECUADA	ADECUADA	ADECUADA	ADECUADA	ADECUADA	ADECUADA				
		2" 300W RF	6" 150W (3.63 PULG 2)											

NOTAS:

- SE TOMA COMO REFERENCIA LAS ÁREAS NOMINALES DE PSV DE ACUERDO AL API STANDARD 526
- INFORMACIÓN PARA LA REVISIÓN DE LAS VÁLVULAS DE SEGURIDAD, HOJAS DE DATOS Y DTI'S SOLAR TURBINAS
- METODO DE CÁLCULO API-RP-420 PARA LA REVISIÓN DE: ÁREA DE RELEVO DE LAS PSV S
- EL DATO DE FLUJO CORRESPONDE A LAS CONDICIONES INICIALES DEL VENTEO 1#0 SEG.

OBSERVACIONES:

- LA PSV-4551A TIENEN UN TAMAÑO MAYOR AL REQUERIDO 4" 300W 6" 150W (ÁREA 3.60 PULG 2) PARA UNA PRESIÓN DE AJUSTE DE 705 PSIG
- LAS VÁLVULAS DE RELEVO Y VENTEO TIENEN LA CAPACIDAD ADECUADA PARA MANEJAR LOS FLUJOS DE GAS REQUERIDOS A DESGLOSE Y/O VENTEO
- LAS VÁLVULAS DE VENTEO NO SON RESTRICTIVAS PARA EL FLUJO REQUERIDO Y EL VALOR CRÍTICO SUPERIOR A UN TÉRMINO INICIAL A 1#0 SEG

RECOMENDACIONES:

- DADO QUE EL SISTEMA DE GAS COMBUSTIBLE SE RECIBE EN FORMA INDEPENDIENTE EN LA PLATAFORMA, SE RECOMIENDA REVISAR EL VENTEO DE ESTE SISTEMA GAS COMBUSTIBLE (BOP), CON OBJETO DE DISMINUIR LOS FLUJOS DE VENTEO AL QUEMADOR EN UN PARO DE EMERGENCIA (ESD).
- DEBIDO A QUE SE USA GAS COMBUSTIBLE COMO GAS BUFFER EN EL SISTEMA DE SELLAO DE LOS COMPRESORES DE BAJA Y ALTA PRESIÓN, DE ACUERDO AL CÓDIGO API-614 SE RECOMIENDA MANTENER EL SISTEMA DE SELLOS INCLUSIVE EN EL PARO DE EMERGENCIA POR LO QUE SE HACE NECESARIO MODIFICAR EL ESD DE UN NIVEL A DOS NIVELES, INCLUYENDO EL SISTEMA DE GAS COMBUSTIBLE EN EL SEGUNDO NIVEL.

159

TESIS CON
 FALTA DE ORIGEN

7.7 RESUMEN DE LAS VÁLVULAS DE VENDEO ASOCIADAS AL PROCESO Y SERVICIOS AUXILIARES DE LA PLATAFORMA DE COMPRESIÓN CA-AC-4.

Con relación a este punto se revisa y resumen las condiciones de diseño original de las válvulas de venteo de cada una de las secciones de proceso y servicios auxiliares que se tiene en la Plataforma de Compresión CA-AC-4.

El análisis de las válvulas de venteo nos permitirá determinar bajo las condiciones de diseño original, la capacidad máxima de venteo de la Plataforma de Compresión y principalmente de cada uno de los módulos de compresión de baja y alta presión, así como asentar las bases para el análisis dinámico y optimización de los flujos instantáneos de venteo enviados a quemador.

En la tabla 7.7.1 se presenta los resultados obtenidos de la revisión de las válvulas de venteo de cada una de las secciones principales que integran la Plataforma de Compresión CA-AC-4, módulos de compresión de baja presión, módulos de compresión de alta presión, sistema de acondicionamiento y tratamiento de gas combustible y sistema de manejo de condensados.

7.8 ANÁLISIS DE CARGAS AL SISTEMA DE DESFOGUE DE LA PLATAFORMA DE COMPRESIÓN CA-AC-4.

En este punto se realiza un análisis de las condiciones de diseño de las válvulas de relevo, control y venteo de cada una de las secciones de proceso y servicios auxiliares que pueden contribuir con una carga específica bajo un evento de sobrepresión determinado al sistema de desfogue de la Plataforma de Compresión CA-AC-4.

El análisis de cargas al sistema de desfogue nos permitirá identificar las cargas individuales y simultáneas al desfogue, bajo los distintos eventos de sobrepresión factibles y determinar el caso de diseño hidráulico de la red de desfogue y el caso de diseño de operación normal del sistema de desfogue de la instalación.

En la tabla 7.8.1 se presenta los resultados obtenidos del análisis de cargas al sistema de desfogue en cada una de las secciones principales que integran la Plataforma de Compresión CA-AC-4, módulos de compresión de baja presión, módulos de compresión de alta presión, sistema de acondicionamiento y tratamiento de gas combustible y sistema de manejo de condensados.

TABLA 7.7.1
RESUMEN DE LAS VÁLVULAS DE VENTEO ASOCIADAS AL PROCESO Y SERVICIOS AUXILIARES.
(PLATAFORMA DE COMPRESIÓN CA-AC-4)

TABLA	COMPONENTE	SISTEMA	SERVICIO	NIVEL DE PRESIÓN & TIEMPO DE VENTEO				DRIFICIO		VENTEO		
				Opefacion		Ventao		Tamaho	PM	FLUJO MAX.	TOTAL	
				(min) (seg)	(min) (seg)	(min) (seg)	(min) (seg)					(MM ³ /D)
7.6.1	COMPRESORES DE BAJA PRESIÓN (2 MÓDULOS DE COMPRESIÓN) (NOTA 1)	PAQ. DE COMPRESIÓN "A"	DESCARGA DE COMPRESIÓN UV-4206AC	110.7	0	110.7		3"-150# RF	25.75	15.01		
			PAQ. DE COMPRESIÓN "B"	DESCARGA DE COMPRESIÓN UV-4206BC	110.7	0	110.7		3"-150# RF	25.75	15.01	
		SUCCIÓN DE COMP. BAJA PRESIÓN	SEPARADOR DE BAJA	CABEZAL DE SUCCIÓN B.P. UV-4222B (NOTA 4)	56.9	0	56.9		3"-150# RF	26.34	5.31	
			COMPRESORES DE BAJA PRESIÓN TOTAL								35.33	35.33
7.6.3	COMPRESORES DE ALTA PRESIÓN (4 MÓDULOS DE COMPRESIÓN)	PAQ. DE COMPRESIÓN "A"	DESCARGA DE COMPRESIÓN 3a ETAPA UV-4219AC	1,075.7	0	1,075.7		3"-900# RTJ	24.07	130		
			PAQ. DE COMPRESIÓN "B"	DESCARGA DE COMPRESIÓN 3a ETAPA UV-4219BC	1,075.7	0	1,075.7		3"-900# RTJ	24.07	130	
		PAQ. DE COMPRESIÓN "C"	DESCARGA DE COMPRESIÓN 3a ETAPA UV-4219CC	1,075.7	0	1,075.7		3"-900# RTJ	24.07	130		
			DESCARGA DE COMPRESIÓN 3a ETAPA UV-4219DC	1,075.7	0	1,075.7		3"-900# RTJ	24.07	130		
7.6.2	SUCCIÓN DE COMP. ALTA PRESIÓN	SEP. DE PRESIÓN INTERMEDIA	CABEZAL GRAL. DE SUCCIÓN A.P. UV-4222E (NOTA 4)	95.29	0	95.29		3"-150# RF	26.34	15.79		
7.6.3	DESC. DE COMP. ALTA PRESIÓN	ATERRIZAJE DE DESCARGA DE MÓDULOS DE A.P.	CABEZAL GRAL. DE DESC. A.P. UV-4219AD (NOTA 4)	1075.6	0	1075.6		2"-900# RTJ	24.07	24.76		
			COMPRESORES DE ALTA PRESIÓN TOTAL							560.55	560.55	
7.6.4	SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO Y TRATAMIENTO DE GAS COMBUSTIBLE	FILTRO SEPRADOR Y CALENTADOR ELEC.	DESC. DEL CALENTADOR EA-4554AA UV-4554AA (NOTA 4)	585.0	0	585.0		2"-300# RF	16.46	39.79		
			CAB. GAS COMB. A TURBINAS UV-4554AC (NOTA 4)	420	0	420		2"-300# RF	16.7	25.46		
			GAS COMB. A TURBOGEN UV-4555AB (NOTA 4)	240.0	0	240.0		2"-150# RF	16.46	15.70		
			SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO DE GAS COMBUSTIBLE TOTAL								80.95	80.95
7.6.5	SISTEMA DE MANEJO DE CONDENSADOS	SEPRADOR DE CONDENSADOS FA-4252	DESC. DEL SEPRADOR FA-4252 UV-4252C	178	0	178		2"-300# RF	27.3	11.76		
		SISTEMA DE MANEJO DE CONDENSADOS TOTAL								11.76	11.76	
GRAN TOTAL DE LA PLATAFORMA DE COMPRESIÓN CA-AC-4										688.58		

NOTAS:

- COMPRESORES DE BAJA PRESIÓN CON UNA ETAPA DE COMPRESIÓN Y UNA VÁLVULA DE VENTEO A LA DESCARGA DEL COMPRESOR.
- POR DISEÑO ORIGINAL LOS COMPRESORES DE ALTA PRESIÓN CON TRES ETAPAS DE COMPRESIÓN SOLO CONSIDERABAN UNA VÁLVULA DE VENTEO A LA DESCARGA DE LA 3a ETAPA DE COMPRESIÓN.
- EL DATO DE FLUJO CORRESPONDE A LAS CONDICIONES INICIALES DEL VENTEO I=0 SEG.
- VÁLVULA DE VENTEO ASOCIADA AL BALANCE DE GAS DE PLANTA (BOP)

OBSERVACIONES:

- EL FLUJO MÁXIMO TOTAL PARA EL VENTEO INSTANTÁNEO O DEPRESURIZACIÓN COMPLETA DE LA PLATAFORMA DE COMPRESIÓN ES DE 688.58 MMPCSD, CONSIDERANDO EL DISEÑO ORIGINAL DEL ESD EN UN SOLO NIVEL.
- LOS COMPRESORES DE ALTA PRESIÓN CONTRIBUYEN CON LA MAYOR PROPORCIÓN DE FLUJO INSTANTÁNEO, A TRAVÉS DE LA VÁLVULA UV-4219 AC/B/C/C/D DE 3"-900#-RTJ EN LA 3a ETAPA DE COMPRESIÓN.
- ES FACTIBLE REDUCIR LOS FLUJOS INSTANTÁNEOS DE VENTEO A TRAVÉS DE LA MODIFICACIÓN DE LA LÓGICA DEL ESD, ASÍ COMO A LA CANTIDAD Y DIÁMETRO DE LAS VÁLVULAS DE VENTEO EN LOS MÓDULOS DE COMPRESIÓN DE ALTA PRESIÓN.

RECOMENDACIONES:

- CORROBORAR LOS FLUJOS DE VENTEO INSTANTÁNEO PROPORCIONADOS POR EL DISEÑO DEL FABRICANTE DE LOS MÓDULOS DE COMPRESIÓN DE BAJA Y ALTA PRESIÓN.
- LLEVAR A CABO EL ANÁLISIS DE PRESIÓN DINÁMICA CON EL OBJETIVO DE REDUCIR LOS FLUJOS DE VENTEO, TOMANDO COMO BASE LAS MODIFICACIONES A LA LÓGICA DEL ESD, ASÍ COMO A LA CANTIDAD Y DIÁMETROS DE VÁLVULAS DE VENTEO EN LOS MÓDULOS DE COMPRESIÓN DE ALTA PRESIÓN PRINCIPALMENTE.

162
 TRINIS COM
 FALLA DE ORIGEN

TABLA 7A1
 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE CARGAS AL SISTEMA DE DESFOQUE PLATAFORMA DE COMPRESIÓN CALACA.

VALVULAS DE SEGURIDAD			DATOS DE DISEÑO DE LA VALVULA					CONDICIONES DEL FLUIDO			CONDICIONES DEL FLUIDO ANTES DE LA VALVULA			CAUSA Y CANTIDAD RELEVADA (K.B.H)		
DIAGRAMA DE REFERENCIA	CLAVE PSV, PVO O VV	EQUIPO PROTEGIDO	TAMAÑO DE LA VALVULA	TEMPERATURA DE SALIDA (°F)	FASE	PREMION (PSIG)	PREMION DE ABRIR (PSIG)	PREMION DE CERRAR (PSIG)	ESPESOR DE LA VALVULA (IN)	ESPESOR DE LA VALVULA (IN)	DETERMINA MÁXIMA (K.B.H)	FUEGO	TALENTA DE ENERGIA ELECTRICA	DESPARRAMO	TERMINA	VIENTO
SECCION COMPRESORES DE BAJA PRESION																
F-001	PSV-4201BA	FA-4201BA	2" x 2"		G		200	200	26.34	16,729.00	14,228.00					
F-002	PSV-4202BA	FA-4202BA	6" x 10"		L		250	300.4	26.34	318,622.49	318,622.49					
F-003	PSV-4203BA	FA-4203BA	2" x 2"		G		200	172	26.34	13,980.00	13,980.00					
F-004	UV-4204AC	FA-4204AC	2"		G		150.7	120	25.71	42,460.00					42,460.00	
F-018	PSV-4221A	FA-4221A	6" x 10"		G		200	120	25.8	373,629.00				373,629.00		
F-018	UV-4222B	FA-4222B	1"		G		34.9	120	26.34	15,376.56					15,376.56	
F-018	UV-4222C	FA-4222C	1"		G		63.3	120	26.34	656,958.00					656,958.00	
SECCION SEPARADOR DE PERSON INTERVENIDA																
F-018	PSV-4223B	FA-4223B	2" x 2"		G		250	120	30	32,156.00	32,156.00					
F-018	PSV-4223A	FA-4223A	2" x 2"		G		95.29	143.03	26.34	243,568.00	243,568.00					
F-018	UV-4223C	FA-4223C	1"		G		95.29	120	26.34	65,726.34					65,726.34	
F-018	UV-4223F	FA-4223F	1"		G		95.29	120	26.34	1,211,967.00					1,211,967.00	
F-018	PSV-4235AB	FA-4235AB	6" x 10"		L		263	120	33.48	7,266.00					7,266.00	
SECCION COMPRESORES DE ALTA PRESION																
F-011	PSV-4213AA	FA-4213AA	2" x 2"		G		260	200	26.34	8,178.00	8,178.00					
F-011	PSV-4213BA	FA-4213BA	2" x 2"		G		260	200	26.34	8,178.00	8,178.00					
F-011	PSV-4213CA	FA-4213CA	2" x 2"		G		260	200	26.34	8,178.00	8,178.00					
F-011	PSV-4213DA	FA-4213DA	2" x 2"		G		260	200	26.34	8,178.00	8,178.00					
F-011	PSV-4213EA	FA-4213EA	2" x 2"		G		260	200	26.34	8,178.00	8,178.00					
F-011	PSV-4213FA	FA-4213FA	2" x 2"		G		260	200	26.34	8,178.00	8,178.00					
F-011	PSV-4213GA	FA-4213GA	2" x 2"		G		260	200	26.34	8,178.00	8,178.00					
F-011	PSV-4213HA	FA-4213HA	2" x 2"		G		260	200	26.34	8,178.00	8,178.00					
F-012	PSV-4211AA	FA-4211AA	6" x 10"		G		730	258.53	25.1	2,862,294.00				2,862,294.00		
F-012	PSV-4211BA	FA-4211BA	6" x 10"		G		730	258.53	25.1	2,862,294.00				2,862,294.00		
F-012	PSV-4211CA	FA-4211CA	6" x 10"		G		730	258.53	25.1	2,862,294.00				2,862,294.00		
F-012	PSV-4211DA	FA-4211DA	6" x 10"		G		730	258.53	25.1	2,862,294.00				2,862,294.00		
F-012	PSV-4211EA	FA-4211EA	6" x 10"		G		730	258.53	25.1	2,862,294.00				2,862,294.00		
F-012	PSV-4211FA	FA-4211FA	6" x 10"		G		730	258.53	25.1	2,862,294.00				2,862,294.00		
F-012	PSV-4211GA	FA-4211GA	6" x 10"		G		730	258.53	25.1	2,862,294.00				2,862,294.00		
F-012	PSV-4211HA	FA-4211HA	6" x 10"		G		730	258.53	25.1	2,862,294.00				2,862,294.00		
F-013	PSV-4212BA	FA-4212BA	1" x 2"		G		1480	200	24.26	4,724.00	4,724.00					
F-013	PSV-4212CA	FA-4212CA	1" x 2"		G		1480	200	24.26	4,724.00	4,724.00					
F-013	PSV-4212DA	FA-4212DA	1" x 2"		G		1480	200	24.26	4,724.00	4,724.00					
F-013	PSV-4212EA	FA-4212EA	1" x 2"		G		1480	200	24.26	4,724.00	4,724.00					
F-013	PSV-4212FA	FA-4212FA	1" x 2"		G		1480	200	24.26	4,724.00	4,724.00					
F-013	PSV-4212GA	FA-4212GA	1" x 2"		G		1480	200	24.26	4,724.00	4,724.00					
F-013	PSV-4212HA	FA-4212HA	1" x 2"		G		1480	200	24.26	4,724.00	4,724.00					
F-013	UV-4218AC	FA-4218AC	2"		G		1875.7	120	24.87	346,214.40				346,214.40		
F-019	UV-4218CC	FA-4218CC	2"		G		1875.7	120	24.87	346,214.40				346,214.40		
F-019	UV-4218DC	FA-4218DC	2"		G		1875.7	120	24.87	346,214.40				346,214.40		
F-019	UV-4218EC	FA-4218EC	2"		G		1875.7	120	24.87	346,214.40				346,214.40		
F-019	UV-4218FC	FA-4218FC	2"		G		1875.7	120	24.87	346,214.40				346,214.40		
F-019	UV-4218GC	FA-4218GC	2"		G		1875.7	120	24.87	346,214.40				346,214.40		
F-019	UV-4218HC	FA-4218HC	2"		G		1875.7	120	24.87	346,214.40				346,214.40		
F-019	UV-4218IC	FA-4218IC	2"		G		1875.7	120	24.87	346,214.40				346,214.40		
F-019	UV-4218JC	FA-4218JC	2"		G		1875.7	120	24.87	346,214.40				346,214.40		
F-019	UV-4218KC	FA-4218KC	2"		G		1875.7	120	24.87	346,214.40				346,214.40		
F-019	UV-4218LC	FA-4218LC	2"		G		1875.7	120	24.87	346,214.40				346,214.40		
F-019	UV-4218MC	FA-4218MC	2"		G		1875.7	120	24.87	346,214.40				346,214.40		
F-019	UV-4218NC	FA-4218NC	2"		G		1875.7	120	24.87	346,214.40				346,214.40		
F-019	UV-4218OC	FA-4218OC	2"		G		1875.7	120	24.87	346,214.40				346,214.40		
F-019	UV-4218PC	FA-4218PC	2"		G		1875.7	120	24.87	346,214.40				346,214.40		
F-019	UV-4218QC	FA-4218QC	2"		G		1875.7	120	24.87	346,214.40				346,214.40		
F-019	UV-4218RC	FA-4218RC	2"		G		1875.7	120	24.87	346,214.40				346,214.40		
F-019	UV-4218SC	FA-4218SC	2"		G		1875.7	120	24.87	346,214.40				346,214.40		
F-019	UV-4218TC	FA-4218TC	2"		G		1875.7	120	24.87	346,214.40				346,214.40		
F-019	UV-4218UC	FA-4218UC	2"		G		1875.7	120	24.87	346,214.40				346,214.40		
F-019	UV-4218VC	FA-4218VC	2"		G		1875.7	120	24.87	346,214.40				346,214.40		
F-019	UV-4218WC	FA-4218WC	2"		G		1875.7	120	24.87	346,214.40				346,214.40		
F-019	UV-4218XC	FA-4218XC	2"		G		1875.7	120	24.87	346,214.40				346,214.40		
F-019	UV-4218YC	FA-4218YC	2"		G		1875.7	120	24.87	346,214.40				346,214.40		
F-019	UV-4218ZC	FA-4218ZC	2"		G		1875.7	120	24.87	346,214.40				346,214.40		

TOTAL EVENTO CAUSA Y CANTIDAD COMENTARIO

26,450.00 SALTANEO FACTIBLE 2o NIVEL A+ 232.25 m2
 8.62
 837,244.98 SALTANEO FACTIBLE 232.25 m2
 220.06
 27,320.00 SALTANEO FACTIBLE 2o NIVEL A+ 232.25 m2
 8.67
 84,960.00 SALTANEO FACTIBLE 2o NIVEL A+ 232.25 m2
 30.01
 373,820.00 INDIVIDUAL FACTIBLE 232.25 m2
 321.60
 15,376.56 SALTANEO FACTIBLE 232.25 m2
 5.31
 855,856.00 INDIVIDUAL FACTIBLE EVENTO CRITICO 295.55
 32,156.00 INDIVIDUAL FACTIBLE 232.25 m2
 3.20
 383,580.00 INDIVIDUAL FACTIBLE 232.25 m2
 132.46
 45,724.34 SALTANEO FACTIBLE 232.25 m2
 15.79
 1,011,967.00 INDIVIDUAL FACTIBLE EVENTO CRITICO 349.48
 256.00 INDIVIDUAL FACTIBLE 232.25 m2
 0.00
 8,178.00 INDIVIDUAL FACTIBLE 2o NIVEL A+ 232.25 m2
 2.13 SALTANEO MAXIMO 2 MODULOS
 243,309.00 INDIVIDUAL FACTIBLE 2o NIVEL A+ 232.25 m2
 84.34 SALTANEO MAXIMO 2 MODULOS
 9,983.00 INDIVIDUAL FACTIBLE 2o NIVEL A+ 232.25 m2
 3.43 SALTANEO MAXIMO 2 MODULOS
 2,862,294.00 INDIVIDUAL FACTIBLE 2o NIVEL A+ 232.25 m2
 85.63 SALTANEO MAXIMO 2 MODULOS
 8,805.00 INDIVIDUAL FACTIBLE 2o NIVEL A+ 232.25 m2
 2.03 SALTANEO MAXIMO 2 MODULOS
 231,242.00 INDIVIDUAL FACTIBLE 2o NIVEL A+ 232.25 m2
 96.75 SALTANEO MAXIMO 2 MODULOS
 4,734.00 INDIVIDUAL FACTIBLE 2o NIVEL A+ 232.25 m2
 1.77 SALTANEO MAXIMO 2 MODULOS
 1,378,061.60 SALTANEO FACTIBLE EVENTO CRITICO 520.01
 20,837.00 INDIVIDUAL FACTIBLE 2o NIVEL A+ 232.25 m2
 7.87
 65,520.36 INDIVIDUAL FACTIBLE 232.25 m2
 24.76
 824,746.00 INDIVIDUAL FACTIBLE EVENTO CRITICO 349.48

EVENTOS SALTANEO
 POR FUEGO EN AREA COMUNA

163

TRISIS CON
 PALLA DE CANGREN

7.9 SIMULADOR DE FLUJOS INSTANTÁNEOS Y ANÁLISIS DE PRESIÓN DINÁMICA EN LOS MÓDULOS DE COMPRESIÓN DE BAJA PRESIÓN DE LA PLATAFORMA DE COMPRESIÓN CA-AC-4.

Con relación a este punto se analiza y revisa el comportamiento de la presión dinámica cuando se tiene el venteo y depresurización hasta un nivel de 3.5 kg/cm^2 (50 psig) de un módulo de compresión de baja presión, a través de la válvula de venteo de 3" de D.N., localizada a la descarga del compresor, calculando también los flujos instantáneos de gas enviados a quemado y el tiempo de depresurización del módulo, por medio del simulador de flujos instantáneos desarrollado en hoja de cálculo electrónica (EXCEL).

El análisis de presión dinámica del módulo de baja y la válvula de venteo de 3" de D.N., nos permitirá determinar bajo las condiciones de diseño original, la capacidad máxima de manejo de gas a un tiempo de cero segundos y el tiempo de depresurización de cada módulo de baja presión.

Posteriormente, con los conceptos técnicos de tamaño de válvula y tiempo de depresurización y estructura del sistema de paro de emergencia en forma integral, se optará por optimizar los flujos instantáneos enviados a quemador.

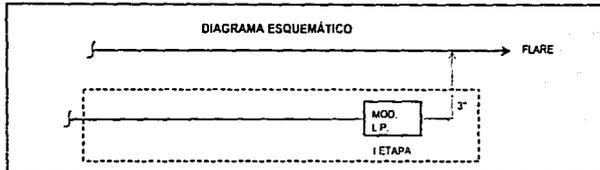
En la tabla 7.9.1 se presenta los resultados obtenidos de la simulación dinámica y determinación de flujos instantáneos para depresurización de un módulo de baja presión, en la cual se observa que la válvula de venteo de 3" de D.N., puede manejar un flujo instantáneo al tiempo de 0 segundos de 14.5 MMPCSD , y un tiempo estimado de depresurización hasta un nivel de 3.6 kg/cm^2 (51.2 psig) de 1.7 minutos.

7.10 SIMULADOR DE FLUJOS INSTANTÁNEOS Y ANÁLISIS DE PRESIÓN DINÁMICA EN LOS MÓDULOS DE COMPRESIÓN DE ALTA PRESIÓN DE LA PLATAFORMA DE COMPRESIÓN CA-AC-4.

Este punto del trabajo es fundamental porque a partir del análisis que se realiza para determinar los flujos instantáneos de descarga en los módulos de compresión de alta presión, se identifican y proponen los aspectos técnicos más relevantes para optimizar el diseño del sistema de quemado de la Plataforma de Compresión CA-AC-4.

En principio se analiza y revisa el comportamiento de la presión dinámica cuando se tiene el venteo y depresurización hasta un nivel de 3.5 kg/cm^2 (50 psig) de un módulo de compresión de alta presión, a través de la válvula de venteo de 3" de D.N., localizada a la descarga de la tercera etapa del compresor, se calculan los flujos instantáneos de gas enviados a quemado y el tiempo de depresurización del módulo, por medio del simulador de flujos instantáneos.

TABLA 7.9.1
DETERMINACIÓN DEL TIEMPO TOTAL DE DEPRESURIZACIÓN DE LOS MÓDULOS DE COMPRESIÓN DE BAJA PRESIÓN,
CON INFORMACIÓN DE DISEÑO ORIGINAL Y CORROBORAR FLUJO DE VENTEO A t=0 SEG



VARIABLE	VALOR			UNIDAD	CALCULADOS				
	ETAPA I	ETAPA II	ETAPA III			ETAPA I			
Presión final, P	50			Psig	P _{abs}	64.7			psia
Presión inicial, P ₀	110.7			Psig	P _{0, abs}	125.4			psia
Temperatura inicial, T ₀	120.0			F	T _{0, abs}	580.0			R
Diámetro, D	3.068			in	A	7.3627			in ²

Peso mol. Promedio M	25.75			lb/mol
Volumen de etapa, V _{etap}	3283.00			ft ³
Fact. Compresibilidad, Z &	0.903			Adem.
Coef. descarga, Co	0.61			Adem.
Relación, K=Cp/Cv	1.2081			Adem.
Constante, gc	32.2			lb-ft/M ²
Cte. Rg	1545.687			ft ³ -(lb/M ²)/lbmol-R

■ Valores proporcionados por el usuario.
 ■ Resultados propios del programa.
 * Referencia "Flow of vapor..."
 & Ideal gas, Z=1.

APLICANDO LAS ECUACIONES DE "Flow of Vapor Through Holes"

ECUACION	VARIABLE	ETAPA I	ETAPA II	ETAPA III	UNIDAD	OBSERVACION
Ec. (4.39)	P _{choked}	70.59			(1) psia	ideal gas
Ec. (4.38)	fac1=	0.01074				
Ec. (4.38)	fac2=	0.36629				
Ec. (4.38)	fac3=	0.34983				
Ec. (4.38)	(Q _m) _{choked}	11.180			(2) lb/s	ideal gas
		40248.8			lb/hr	
		14.7			MMSCFD	
Ec. (4.43)	Sonic Velocity, V _s	1142.03			ft/s	real gas
GROTE, Ec. (5)	x1ECS	21.153			ft ³ /s	
GROTE, Ec. (6)	Time	102.77			s	real gas
		1.71			min	
GROTE, Ec. (4a)	Mass flow rate	11.393			(3) lb/s	real gas
		41014.7			lb/hr	
		14.5			(4) MMSCFD	

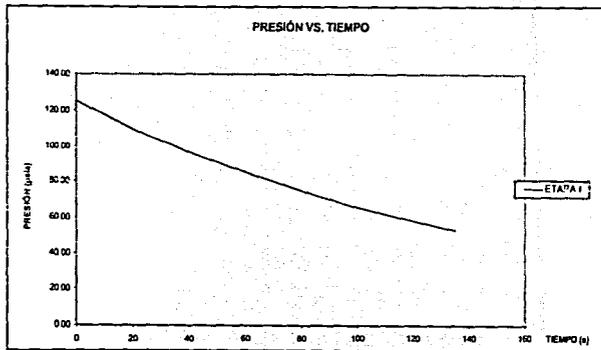
NOTAS:

- (1) The choked pressure is the maximum downstream pressure resulting in maximum flow through the hole or pipe.
- (2) Flujo másico calculado a la presión choked.
- (3) El tiempo para pasar de 125.4 Psia a 64.7 Psia es igual a 1.7 minutos.
- (4) El flujo másico al tiempo cero es igual a 14.5 MMSCFD.

166

TESIS COM
 VALIA DE CACHTEN

TIEMPO (h)	PRESIÓN (psia)		FLUJO (lbm/h)		FLUJO (lbm/seg)
	ETAPA 1	ETAPA 2	ETAPA 1	ETAPA 2	
0	179.40		49014.7		143
5	171.43		38713.7		14.1
10	177.54		36454.8		13.8
15	173.85		37234.4		13.2
20	170.25		36528.6		12.8
25	166.75		34974.1		12.4
27.22	165.37		34482.7		12.2
30	163.37		33828.8		12.0
35	160.10		32738.8		11.6
40	156.62		31701.3		11.2
45	153.03		30809.8		10.8
50	149.38		29724.3		10.5
55	145.60		28742.5		10.2
60	141.71		27870.6		9.8
65	137.71		26887.5		9.4
70	133.60		26132.5		9.2
75	129.37		25304.5		8.8
80	125.02		24402.7		8.7
85	120.54		23725.4		8.4
90	115.94		22874.7		8.1
95	111.22		22248.7		7.9
100	106.36		21641.8		7.6
105	101.36		20868.3		7.4
110	96.21		20198.4		7.1
115	90.90		19565.5		6.8
120	85.43		18954.5		6.7
125	79.81		18324.7		6.5
130	74.04		17723.7		6.2
135	68.12		17150.1		6.1
140	62.05		16603.3		5.8
145	55.83		16122.7		5.7
150	49.47		15611.9		5.5
155	42.87		15112.2		5.3
160	36.13		14626.3		5.2
165	29.25		14174.5		5.0
170	22.23		13725.4		4.8
175	15.08		13290.5		4.7
180	8.70		12869.4		4.6
185	2.10		12461.8		4.4
190			12066.8		4.3
195			11684.5		4.1
200			11314.3		4.0
205			10955.8		3.8
210			10608.7		3.8
215			10272.6		3.8
220			9947.1		3.5
225			9631.8		3.4
230			9326.7		3.3
235			9031.2		3.2
240			8745.1		3.1
245			8468.8		3.0
250			8197.7		2.9
255			7930.8		2.8
260			7668.3		2.7
265			7414.6		2.6
270			7208.9		2.6
275			6960.5		2.5



NOTAS:
1.- RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DINÁMICA PARA DEPRESURIZACIÓN DE UN MÓDULO DE BAJA PRESIÓN.

OBSERVACIONES:
1.- EL FLUJO MÁXIMO INSTANTÁNEO A UN TIEMPO 0 ES PARA UNA VÁLVULA DE VENTEO DE 7" ES DE 14.5 MMPCSD
2.- EL TIEMPO ESTIMADO PARA ALCANZAR UNA PRESIÓN DE DEPRESURIZACIÓN DE 61.7 PSIA ES DE 17 MINUTOS.

167

TESIS CON
FALTA DE COPIAS

Posteriormente, con los conceptos técnicos de presión de equilibrio en válvulas interetapa, tamaño y cantidad de válvulas, así como tiempo de depresurización y estructura del sistema de paro de emergencia en forma integral, se optará por optimizar los flujos instantáneos enviados a quemador a través de varias alternativas y combinación de tamaño de válvulas de venteo.

En la tabla 7.10.1 se indican los resultados obtenidos de la simulación dinámica para depresurización de un módulo de compresión de alta presión, en la cual se observa que una sola válvula de 3" de D.N. en la descarga de la tercera etapa de compresión, de acuerdo al diseño original, puede manejar un flujo instantáneo al tiempo de 0 segundos de 131.0 MMPCSD, y un tiempo estimado de depresurización hasta un nivel de 3.5 kg/cm^2 (50 psig) de 4.78 minutos.

Es conveniente indicar que con estos cálculos los flujos estimados de venteo 14.5 y 131 MMPCSD a un tiempo de 0 segundos, para los módulos de baja y alta presión respectivamente, corresponden prácticamente a los reportados por el fabricante de los módulos de compresión (15 y 130 MMPCSD de gas), en consecuencia se logra corroborar los flujos instantáneos y comprobar que el simulador dinámico es adecuado para su aplicación.

7.11 SIMULADOR DE FLUJOS INSTANTÁNEOS Y ANÁLISIS DE PRESIÓN DINÁMICA EN LOS MÓDULOS DE COMPRESIÓN DE ALTA PRESIÓN DE LA PLATAFORMA DE COMPRESIÓN CA-AC-4 PARA REDUCIR FLUJOS DE VENTEO.

En este punto del trabajo, se llevaron a cabo varias simulaciones correspondientes a los casos de tener una válvula de venteo en cada etapa de compresión, con varios diámetros nominales entre los cuales están 3", 2" y 1.5" pulgadas.

En estos casos, se observó que a mayor diámetro 3" y 2", y número de válvulas de venteo los flujos instantáneos estimados eran mayores a 100 MMPCSD y los tiempos de depresurización hasta un nivel de 3.5 kg/cm^2 (50 psig) eran menores a 3.7 minutos. Por lo contrario, manteniendo el número de válvulas con un menor diámetro de las mismas 1.5" los flujos instantáneos estimados eran menores a 100 MMPCSD, sin embargo los tiempos de depresurización al mismo nivel de presión eran mayores a 6.5 minutos.

Con base a lo anterior, se llegó a un punto medio en cual se redujo el diámetro de la válvula UV-4219AC con tamaño de 3"-900# RTJ a 2" de D.N., en la tercera etapa de compresión de los módulos de alta presión y se adicióno solo una válvula de 2" de D.N., en la segunda etapa de compresión, manteniendo sin válvula de venteo la primera etapa, con el objetivo principal de reducir flujos instantáneos de venteo y tener un tiempo de depresurización adecuado.

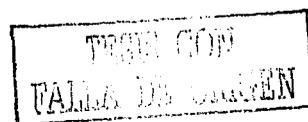
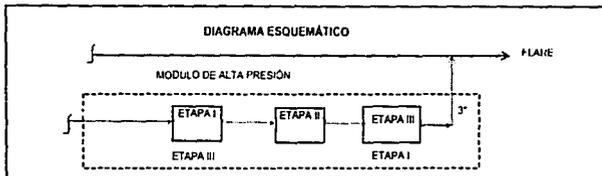


TABLA 7.10.1

DETERMINACIÓN DEL TIEMPO TOTAL DE DEPRESURIZACIÓN DE LOS MÓDULOS DE COMPRESIÓN DE ALTA PRESIÓN, CON INFORMACIÓN DE DISEÑO ORIGINAL Y CORROBORAR FLUJO DE VENTEO A 1-0 SEG.



VARIABLE	VALOR			UNIDAD	CALCULADOS			
	ETAPA I	ETAPA II	ETAPA III		ETAPA I			
Presión final, P	451.8	192.2	50	Psig	P _{abs}	486.5		psia
Presión inicial, P ₀	1075.7	451.8	192.2	Psig	P _{0, abs}	1090.4		psia
Temperatura inicial, T ₀	120.0	120.0	120.0	F	T _{0, abs}	580.0		R
Diámetro, D	2.75	2.75	2.75	in	A	5.6356		in ²

Peso mol. Promedio, M	24.07	25.11	26.24	lb/lbmol
Volumen de etapa, V _{etap}	766.00	1657.00	2478.00	ft ³
Fact. Compresibilidad, Z &	0.7618	0.8916	0.8479	Adm.
Coef. descarga, Co	0.605	0.605	0.605	Adm.
Relación, K+Co/Cv	1.6808	1.352	1.2525	Adm.
Constante, gc	32.2			ft-lbm/42
Cte. P _g	1545.687			lb/(ft ² ·min ²)·lbmol·R

■ Valores proporcionales por el usuario

■ Resultados propios del programa

* Referencia "Flow of Vapor"

& Ideal gas, Z=1

APLICANDO LAS ECUACIONES DE "Flow of Vapor Thru Holes"

ECUACION	VARIABLE	VALOR			UNIDAD	OBSERVACION
		ETAPA I	ETAPA II	ETAPA III		
Ec. (4.39)	P _{choke}	529.01			(1) psia	ideal gas
Ec. (4.38)	fac1*	0.00427				
Ec. (4.38)	fac2*	0.42289				
Ec. (4.38)	fac3*	0.31549				
Ec. (4.38)	(Q _m) _{choke}	83.896			(2) lb/s	ideal gas
		302224.7			lb/hr	
		114.3			MMSCFD	
Ec. (4.43)	Sonic Velocity, V _s	1239.21			ft/s	real gas
GROTE, Ec. (5)	X _{TECS}	17.369			ft ³ /s	
CROTE, Ec. (6)	Time	37.44			s	real gas
	Time	0.62			min	
GROTE, Ec. (4a)	Mass flow rate	96.121			lb/s	real gas
		346036.5			lb/hr	
	Flujo volumétrico	131.0			(4) MMSCFD	

NOTAS:

(1) The choked pressure is the maximum downstream pressure resulting in maximum flow through the hole or pipe.

(2) Flujo másico calculado a la presión choquée.

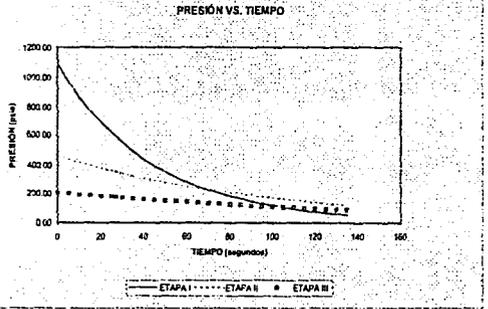
(3) El tiempo para pasar de 1060.4 Psia a 64.7 Psia es igual a 4.6 minutos.

(4) El flujo másico al tiempo cero es igual a 131 MMSCFD.

169

TITULO DE PROYECTO
 AREA DE PROYECTOS
 FECHA DE EJECUCION

TIEMPO (s)	PRESIÓN (PSIA)			FLUJO (MMPCD)			FLUJO (MMPCD)		
	ETAPA I	ETAPA II	ETAPA III	ETAPA I	ETAPA II	ETAPA III	ETAPA I	ETAPA II	ETAPA III
0	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
5	816.54	848.90	879.30	1040.00	1040.00	1040.00	1040.00	1040.00	1040.00
10	666.18	676.83	707.40	940.00	940.00	940.00	940.00	940.00	940.00
15	576.01	586.70	617.30	840.00	840.00	840.00	840.00	840.00	840.00
20	462.83	472.64	502.50	740.00	740.00	740.00	740.00	740.00	740.00
25	318.97	326.58	351.60	640.00	640.00	640.00	640.00	640.00	640.00
30	190.74	197.11	212.40	540.00	540.00	540.00	540.00	540.00	540.00
35	110.00	115.00	120.00	440.00	440.00	440.00	440.00	440.00	440.00
40	70.00	75.00	80.00	340.00	340.00	340.00	340.00	340.00	340.00
45	45.00	48.00	51.00	240.00	240.00	240.00	240.00	240.00	240.00
50	30.00	32.00	34.00	140.00	140.00	140.00	140.00	140.00	140.00
55	20.00	21.00	22.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00
60	15.00	16.00	17.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00
65	10.00	11.00	12.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
70	7.00	7.50	8.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
75	5.00	5.50	6.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
80	3.50	4.00	4.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
85	2.50	3.00	3.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
90	1.80	2.20	2.60	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
95	1.30	1.60	2.00	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
100	1.00	1.20	1.50	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
105	0.80	1.00	1.20	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
110	0.60	0.80	1.00	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
115	0.40	0.60	0.80	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
120	0.30	0.40	0.50	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
125	0.20	0.30	0.40	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
130	0.15	0.20	0.30	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
135	0.10	0.15	0.20	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
140	0.08	0.10	0.15	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
145	0.06	0.08	0.10	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
150	0.04	0.06	0.08	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
155	0.03	0.04	0.06	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
160	0.02	0.03	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
165	0.01	0.02	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
170	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
175	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
180	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
185	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
190	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
195	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
200	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
205	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
210	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
215	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
220	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
225	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
230	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
235	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
240	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
245	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
250	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
255	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
260	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
265	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
270	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
275	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01



NOTAS:
1.- RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DINÁMICA PARA DEPRESURIZACIÓN DE UN MÓDULO DE ALTA PRESIÓN CON UNA VALVULA DE 3" EN LA 3a. ETAPA.
2.- SE CONSIDERAN VOLÚMENES ADITIVOS PARA LOS RANOS DE DEPRESURIZACIÓN POR CADA ETAPA DE COMPRESIÓN
3.- PARA EL METODO DE CÁLCULO SE IMPLEMENTO EL MODELO DE DEPRESURIZACIÓN DE GRUPE (REFERENCIA 28).
OBSERVACIONES:
1.- EL FLUJO MÁXIMO INSTANTÁNEO A UN TIEMPO t=0, PARA UNA VALVULA DE VENTEO DE 3" EN LA TERCERA ETAPA DE COMPRESIÓN ES DE 131.0 MMPCD.
2.- EL TIEMPO ESTIMADO PARA PASAR DE 1000 A 547 PSIA A 547 PSIA ES DE APROXIMADAMENTE 4.78 MINUTOS (SUMATORIA 37.5 + 78 + 171 + 288.5 segundos).

170

MEMORANDUM
PARA EL SEÑOR
GERENTE GENERAL
DE LA
COMPAÑIA
DE
INDUSTRIAS
PETROLERAS
DE
GUAYAMA
P.R.

En la tabla 7.11.1 se indican los resultados obtenidos a través de la implementación del simulador de flujos instantáneos y simulación dinámica para depresurización de un módulo de alta presión, cuando se tienen dos válvulas de venteo de 2" de D.N., una en la descarga de la tercera etapa y la otra propuesta en la descarga de la segunda etapa de compresión.

De acuerdo a los resultados obtenidos, ambas válvulas pueden manejar un flujo instantáneo de 95 MMPCSD al tiempo de 0 segundos, el cual representa una reducción del 27.5% con respecto al manejado por una sola válvula de 3" de D.N. (131.0 MMPCSD) en la tercera etapa de compresión, y un tiempo estimado de depresurización de 4 minutos 32.5 segundos hasta un nivel de 3.4 kg/cm² (48.6 psig), el cual es ligeramente menor al determinado en el punto 7.10.

Este análisis conjuntamente con la revisión a la lógica asociada al sistema de paro de emergencia de la Plataforma de Compresión CA-AC-4, nos permitirá optimizar los flujos de venteo, secuencia de paro y tiempos de depresurización de los módulos de compresión de alta presión, con el principal objetivo de determinar y reducir la capacidad del quemador de la instalación, para desarrollar el diseño de la Ingeniería Básica del mismo, la cual se incluye en el Capítulo VIII.

Finalmente, es conveniente indicar que posteriormente en el siguiente Capítulo VIII, se analizan con mayor profundidad los resultados y se obtendrán las conclusiones principales del aprovechamiento de la infraestructura existente en el Complejo Akal C, así como de la Ingeniería Básica del sistema de quemado de la Plataforma de Compresión CA-AC-4 y del procedimiento de diseño del sistema de desfogue y quemador de la Plataforma referida.

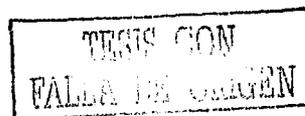
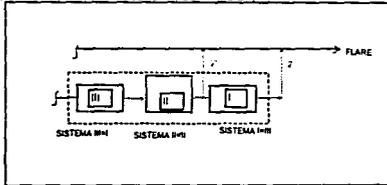


TABLA 7.11.1

SIMULACION DINAMICA VALVULAS INTERETAPA EN MODULOS DE ALTA PRESION.
2 1/2" D.N. EN II Y III ETAPA PARA OPTIMIZAR FLUJOS DE VENTEO Y TIEMPOS DE DEPRESURIZACION.
(PARO DE EMERGENCIA EN MODULOS DE COMPRESION)



DATOS QUE EL PROGRAMA TOMA PARA CALCULOS

VARIABLE	VALOR			UNIDAD	CALCULADOS		
	ETAPA I	ETAPA II	ETAPA III		ETAPA I	ETAPA II	ETAPA III
Presión Inial. P	50	50	50	Psig			psig
Presión Inial. P0	1073.7	451.8	192.2	Psig			psig
Temperatura Inial. T0	120.8	120.8	120.8	F			F
Diámetro D	2	2	0	in			in2

■ Valores propuestos por el usuario
■ Resultados calculados por el programa

APLICANDO LAS ECUACIONES DE "Flow of Vapor Through Holes"

ECUACION	VARIABLE	VALOR	UNIDAD	OBSERVACION
Ec. (4.39)	P_{choked}	529.01	114.43	(1) PSIA
Ec. (4.38)	$fact_1$	0.00427	0.00816	
Ec. (4.38)	$fact_2$	0.42788	0.37045	
Ec. (4.38)	$fact_3$	0.37549	0.34576	
Ec. (4.38)	$(Q_m)_{choked}$	44.741	0.000	(2) lb/s
		161068.8	0.0	lb/hr
		41.0	1.5	MMSCFD
Ec. (4.43)	Sonic Velocity, V_s	1239.21	1145.93	ft/s
GROTE. Ec. (5)	$X_{IEC,5}$	9.263	0.000	ft/s
GROTE. Ec. (6)	Time	213.57	0.00	s
	min	3.89	0.00	min
GROTE. Ec. (4a)	Mass flow rate	51.261	0.000	lb/s
		184540.2	0.0	lb/hr
	Flujo volumétrico	69.8	25.1	MMSCFD

NOTAS

- (1) The choked pressure is the maximum downstream pressure resulting in maximum flow through the hole or pipe
- (2) Flow in mass calculated at the condition choked.
- (3) El tiempo para bajar de 1050 a 64.7 Psia es igual a 4.54 minutos
- (4) El flujo máscico al tiempo cero es igual a 95 MMSCFD

172

TREN COM
 FALLA DE CALIENTE

Tiempo	FLUJO A BARRIL				FLUJO A PIES			
	FLUJO A BARRIL	FLUJO A PIES						
0	1000.00	488.80	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
5	1020.42	490.00	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
10	1040.84	491.20	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
15	1061.26	492.40	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
20	1081.68	493.60	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
25	1102.10	494.80	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
30	1122.52	496.00	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
35	1142.94	497.20	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
40	1163.36	498.40	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
45	1183.78	499.60	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
50	1204.20	500.80	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
55	1224.62	502.00	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
60	1245.04	503.20	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
65	1265.46	504.40	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
70	1285.88	505.60	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
75	1306.30	506.80	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
80	1326.72	508.00	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
85	1347.14	509.20	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
90	1367.56	510.40	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
95	1387.98	511.60	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
100	1408.40	512.80	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
105	1428.82	514.00	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
110	1449.24	515.20	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
115	1469.66	516.40	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
120	1490.08	517.60	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
125	1510.50	518.80	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
130	1530.92	520.00	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
135	1551.34	521.20	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
140	1571.76	522.40	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
145	1592.18	523.60	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
150	1612.60	524.80	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
155	1633.02	526.00	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
160	1653.44	527.20	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
165	1673.86	528.40	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
170	1694.28	529.60	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
175	1714.70	530.80	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
180	1735.12	532.00	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
185	1755.54	533.20	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
190	1775.96	534.40	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
195	1796.38	535.60	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
200	1816.80	536.80	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
205	1837.22	538.00	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
210	1857.64	539.20	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
215	1878.06	540.40	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
220	1898.48	541.60	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
225	1918.90	542.80	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
230	1939.32	544.00	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
235	1959.74	545.20	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
240	1980.16	546.40	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
245	2000.58	547.60	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
250	2021.00	548.80	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
255	2041.42	550.00	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
260	2061.84	551.20	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
265	2082.26	552.40	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
270	2102.68	553.60	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
275	2123.10	554.80	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
280	2143.52	556.00	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
285	2163.94	557.20	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
290	2184.36	558.40	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
295	2204.78	559.60	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
300	2225.20	560.80	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
305	2245.62	562.00	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
310	2266.04	563.20	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
315	2286.46	564.40	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
320	2306.88	565.60	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
325	2327.30	566.80	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
330	2347.72	568.00	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
335	2368.14	569.20	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
340	2388.56	570.40	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
345	2408.98	571.60	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
350	2429.40	572.80	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
355	2449.82	574.00	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
360	2470.24	575.20	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
365	2490.66	576.40	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
370	2511.08	577.60	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
375	2531.50	578.80	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
380	2551.92	580.00	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
385	2572.34	581.20	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
390	2592.76	582.40	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
395	2613.18	583.60	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
400	2633.60	584.80	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
405	2654.02	586.00	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
410	2674.44	587.20	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
415	2694.86	588.40	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
420	2715.28	589.60	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
425	2735.70	590.80	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
430	2756.12	592.00	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
435	2776.54	593.20	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
440	2796.96	594.40	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
445	2817.38	595.60	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
450	2837.80	596.80	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
455	2858.22	598.00	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
460	2878.64	599.20	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
465	2899.06	600.40	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
470	2919.48	601.60	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
475	2939.90	602.80	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
480	2960.32	604.00	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
485	2980.74	605.20	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
490	3001.16	606.40	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
495	3021.58	607.60	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
500	3042.00	608.80	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
505	3062.42	610.00	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
510	3082.84	611.20	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
515	3103.26	612.40	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
520	3123.68	613.60	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
525	3144.10	614.80	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
530	3164.52	616.00	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
535	3184.94	617.20	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
540	3205.36	618.40	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
545	3225.78	619.60	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
550	3246.20	620.80	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
555	3266.62	622.00	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
560	3287.04	623.20	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
565	3307.46	624.40	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
570	3327.88	625.60	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
575	3348.30	626.80	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
580	3368.72	628.00	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
585	3389.14	629.20	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
590	3409.56	630.40	208.00	104.00	208.00	104.00	208.00	104.00
595	3429.98	631.60	208.00	104.00	208.00			

CAPITULO VIII

8.0 ANÁLISIS DE RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

En este capítulo, se analizan los resultados obtenidos en el desarrollo del presente trabajo, con un enfoque principalmente hacia: (a) el procedimiento técnico de análisis y diseño de sistemas de desfogue en Plataformas de Compresión Marinas, así como al problema de aplicación desarrollado, considerando sus dos partes constitutivas principales, las cuales son; (b) aprovechamiento en forma integral de la infraestructura existente para quemado de gas en el Complejo Marino Akal C y (c) optimización de la Ingeniería Básica del sistema de desfogue y quemador de la Plataforma de Compresión Akal CA-AC-4.

El análisis de resultados y conclusiones se lleva a cabo, de acuerdo a la secuencia de los puntos desarrollados en los Capítulos I al VII, respectivamente.

Los sistemas de compresión tipo centrifugo instalados en las Plataformas de Compresión Costa Fuera, son determinantes para el manejo, procesamiento, acondicionamiento, distribución y transporte de gas a tierra por medio de líneas submarinas, debido a su flexibilidad operativa en capacidad y niveles de presión, así como en costos de operación y mantenimiento.

Entre los principales sistemas auxiliares para la operación de los compresores centrífugos se encuentra, el sistema de sellos, el sistema de aceite de lubricación y sistema de vibración, debido a que el accionamiento o la falla de alguno de éstos, puede ocasionar un paro del equipo y del proceso completo, debido a que están directamente ligados a la filosofía del sistema de paro de emergencia de la instalación.

De los sistemas de sellos de flecha aplicables al equipo de compresión centrifugo, sellos que operan en seco (sellos que usan como fluido sellante un gas) y sellos húmedos (mecánico de contacto y película de líquido) que requieren como fluido sellante un líquido, se tienen que los costos de operación y mantenimiento son más bajos para los sellos de gas secos.

Otros aspectos importantes, que se deben tomar en consideración en el caso de instalaciones costa fuera son; el área requerida para la instalación de los componentes y equipos del sistema soporte de los sellos y el peso en operación de los mismos, los que sin duda siguen favoreciendo a los sellos de gas secos por ser mínimos. En consecuencia, los sellos secos de gas serán la tecnología seleccionada para la mayoría de los nuevos compresores centrífugos.

El sistema de desfogue y depresurización, es también un sistema auxiliar y de seguridad prioritario para la operación normal y de emergencia de una instalación costa fuera, encontrándose vinculado con el sistema de compresión a través de

válvulas de control, válvulas de relevo de presión y venteo, así como con el sistema de sellos de gas secos, por medio del venteo primario y secundario para manejo y disposición final del gas de sellos.

Partiendo de la condición de diseño y normativa, que el sistema de sellado debe prevalecer aún bajo una operación de arranque y paro en el sistema de compresión centrífugo, la capacidad de diseño del sistema de desfogue es factible optimizarse, a través de los siguientes factores técnicos principales; minimizando los flujos de venteo instantáneos de gas enviados a quemador, a través de la implementación de válvulas interetapas, inclusión de las válvulas de control de presión en la succión y descarga de los compresores corriente abajo y corriente arriba de las válvulas de seccionamiento de la estación de compresión, respectivamente, así como diseñar el sistema de paro de emergencia en varios niveles que permita tener un venteo programado y secuencial de los módulos de compresión de alta presión y sistema de gas combustible.

De acuerdo al procedimiento descrito en el Capítulo VI, a la estrategia y simulador de flujos instantáneos de venteo desarrollados en el Capítulo VII, éstos se pueden aplicar a la revisión y/o adecuación de un diseño integral del sistema de desfogue en otros Complejos Marinos, donde se cuente con Plataformas de Compresión con equipos de compresión multietapa, así como también es factible su aplicación a un diseño completamente nuevo del sistema de desfogue en Plataformas de Compresión Costa Fuera.

Adicionalmente, con sus respectivas particularidades el procedimiento de diseño y simulador de flujos instantáneos de venteo desarrollados, también son factibles de aplicarlos al diseño de sistemas de desfogue en Estaciones de Compresión en Tierra, aclarando que los mayores beneficios en reducción de flujos instantáneos de gas de venteo y dimensiones de equipo, tanques de desfogue y quemadores elevados, se obtienen en sistemas de compresión con más de una etapa de compresión que utilicen un sistema de sellos secos.

Por otra parte, con respecto al problema ingenieril de aplicación práctica se tiene lo siguiente:

Es un reto para el ingeniero de diseño (diseñador) optimizar el sistema de desfogue original, cuando en la propia Plataforma de Compresión CA-AC-4, se rebasan las capacidades de diseño del sistema de desfogue, durante el paro simultáneo de los módulos de compresión de baja y alta presión, y además de que se diseñó la Plataforma de Compresión CA-AC-4 sin su propio quemador elevado, pretendiendo utilizar para el quemado de gas de desfogue de CA-AC-4 el mismo quemador existente de la Plataforma de Compresión CA-AC-1 (el número 7 del Complejo Akal C).

Fue un grave error de diseño aceptar que la nueva Plataforma de Compresión CA-AC-4, no tuviera su propio quemador, sin antes revisar que el complejo marino fuera capaz de recibir los flujos máximos instantáneos de venteo que se generaban

durante el venteo simultáneo de los módulos de compresión de baja y alta presión, en caso de un paro de emergencia.

Además, los flujos máximos instantáneos de gas de los módulos de compresión de baja y alta presión, y los generados por el sistema BOP, rebasan la capacidad del propio diseño del sistema de desfogue, con los riesgos de sobrepasar la presión máxima de diseño de las bridas en las líneas de venteo de 3" de D.N., localizadas en la tercera etapa de compresión de los módulos de alta, porque se generaban velocidades sónicas en esta tubería de venteo, así como no cubrir con los principales lineamientos técnicos y prácticas recomendadas del API-RP-521 en tuberías y tanque de desfogue.

A continuación se presentan con detalle las principales conclusiones asociadas al problema ingenieril de aplicación práctica;

(A). APROVECHAMIENTO EN FORMA INTEGRAL DE LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE PARA QUEMADO DE GAS EN EL COMPLEJO MARINO AKAL "C".

8.1 CAPACIDAD MÁXIMA DE QUEMADORES DEL COMPLEJO AKAL "C".

Del análisis de la capacidad máxima de quemado de gas en los quemadores del Complejo Akal "C", para un número de Mach de 0.7, se tiene que los quemadores 4 y 7 (30" D.N.) de la Plataforma de Producción PB-AC-2 y Plataforma de Compresión CA-AC-1, pueden manejar un flujo de 356 MMPCSD de gas cada uno, correspondiente al gas de alta presión.

La capacidad máxima de gas de baja presión que se puede manejar en los quemadores 1, 2, 3 y 5 (16" D.N.) de las Plataformas de Producción PB-AC-1, PB-AC-2 y PB-AC-3, es de 80 MMPCSD de gas cada uno.

El quemador 6 (24" D.N.) de la Plataforma de Producción PB-AC-3, es el único que puede manejar una capacidad intermedia de 203 MMPCSD de gas.

Los niveles de radiación máximos generados, en el primer nivel al entrar a la Plataforma respectiva, están por debajo de 500 BTU/hr ft², permitiendo un tiempo de exposición de 60 segundos aproximadamente para personal operativo, sin afectar la cubierta y equipos.

El quemador 7 de la Plataforma de Compresión CA-AC-1 no tiene capacidad suficiente para manejar el flujo de 980.5 MMPCSD correspondiente a los desfogues y venteos de gas de la Plataforma de Compresión CA-AC-4 de diseño original, por lo que se requiere en una primera etapa, desviar el flujo de gas de baja y presión intermedia, distribuyéndolo en los quemadores 1, 2, 3 y 4 del Complejo. Y en una segunda etapa diseñar y adicionar un quemador elevado nuevo que cubra los requerimientos de desfogue de la Plataforma CA-AC-4.

8.2 CAPACIDAD DE VÁLVULAS DE CONTROL ASOCIADAS AL SISTEMA DE QUEMADORES DEL COMPLEJO AKAL "C".

De acuerdo a la configuración actual, la capacidad máxima a 80 grados de apertura para las válvulas de control de presión PV-3190C (12" D.N.) y PV-6108 (12" D.N.) asociadas al cabezal de succión booster es de 63.2 y 137.5 MMPCSD, respectivamente. Sin embargo, el nivel de ruido esta fuera de norma, además de que no cubren los 220 MMPCSD de gas de baja requeridos para desvío de alimentación a los compresores de baja presión de CA-AC-4, para disminuir la carga al quemador 7.

La válvula de control de presión PV-7106 (12" D.N.) asociada al cabezal de succión de alta presión puede manejar un flujo mínimo de 72 MMPCSD para desvío de gas de presión intermedia con una apertura de 40 grados y un flujo máximo de 203 MMPCSD, limitado a la capacidad del quemador 6.

En la Plataforma de Compresión CA-AC-4, las válvulas de control de presión PV-4222E (16" D.N.), PV-4223F (16" D.N.) y PV-4219AH (6" D.N.), localizadas en el cabezal de succión de baja, cabezal de presión intermedia y cabezal de descarga de alta presión, tienen capacidad suficiente para manejar 220 y 292 MMPCSD de gas al quemador 7, respectivamente, con rangos de apertura adecuados. (Solo en el caso de operación con el quemador nuevo independiente).

8.3 DISTRIBUCIÓN DE FLUJOS DE GAS A QUEMADORES DEL COMPLEJO AKAL "C".

Para el caso operativo 2, "desvío de gas de alimentación y retraso solamente del venteo del sistema BOP, operando 2 compresores de baja presión y 4 compresores de alta presión", la mejor opción propuesta es; operando las válvulas de control de presión PV-3190C (12" D.N.), PV-3190B (16" D.N.) y PV-3755 (16" D.N.) para desvío de 73 MMPCSD de gas de alimentación de baja presión por cada válvula a los quemadores 2, 1 y 3 respectivamente, así como la válvula de control de presión PV-6108 (12" D.N.) para desvío de 72 MMPCSD de gas de alimentación de alta presión al quemador 4, manejando los flujos de gas de venteo de los módulos de compresión de alta y baja presión a través de los quemadores 4, 5, 6 y 7. Con esta opción se tienen rangos de apertura de válvulas adecuados, niveles de ruido altos pero de corta duración y no se rebasa la capacidad máxima de cada quemador involucrado.

El análisis de la distribución de flujos para resolver en definitiva la problemática de capacidad de quemado de la Plataforma de Compresión CA-AC-4, con objeto de dar mayor flexibilidad operativa al sistema de desfogue y mayor seguridad a la instalación, concluyo con la necesidad de independizar el sistema de quemado, recomendando el desarrollo de la ingeniería básica e instalación de un quemador elevado completamente nuevo, con base a la reducción de los flujos de venteo de los módulos de compresión de alta, y modificación de la filosofía del sistema de paro de

emergencia en varios niveles, que permitiera un venteo programado y secuencial de los módulos de compresión de gas de alta y baja presión.

8.4 CAPACIDAD MÁXIMA DE RELEVO DEL CABEZAL GENERAL DE DESFOGUE DE 18" DE D.N., DEL COMPLEJO AKAL "C".

La capacidad de relevo del cabezal general de desfogue de 18" de D.N., esta limitada por las interconexiones de 14" y 16" de D.N., así como la reducción de 18" x 16" para envío de gas a los quemadores 4 y 6 del Complejo Akal "C", debido a que solamente se puede manejar un flujo de 112 MMPCSD con un número de Mach de 0.5.

Para incrementar la capacidad de relevo hasta un flujo máximo de 200 MMPCSD del cabezal general de 18" de D.N., se recomienda cambiar la interconexión de 14" de D.N., en la Plataforma PB-AC-3 y 16" de D.N., en PB-AC-2, a 18" de D.N., así como eliminar la reducción de 18" x 16" y realizar la interconexión de 18" directamente con el cabezal de 24" de D.N. en la Plataforma CA-AC-1. Esto permitirá la mejor distribución de los flujos entre los quemadores 4 y 6, y en consecuencia el quemador 7 tendrá la capacidad para manejar 350 MMPCSD de gas de alta presión, dando un total de 550 MMPCSD en la operación de venteo simultáneo de los módulos de compresión de baja y alta presión.

8.5 CAPACIDAD DE LOS TANQUES DE DESFOGUE DEL COMPLEJO AKAL "C".

Las dimensiones ideales de un tanque de desfogue requerido para manejar 80 MMPCSD de gas con un tamaño de partícula de líquido de 600 micrones y una velocidad de la fase gas de 38 pies/seg son; diámetro de 1.981 m (6.5 pies) y longitud tangente a tangente de 6.248 m (20.5 pies).

Los tanques de desfogue de baja presión existentes en las Plataformas de Producción PB-AC-1 y PB-AC-2/3, con dimensiones, diámetro a tangente 1.524 m X 4.80 m (5' X 15' 9") y 1.524 m X 4.48 m (5' X 14' 8.4"), pueden manejar una capacidad de 73 MMPCSD, con una velocidad alta de la fase gaseosa 138.8 y 169.4 pies/seg, respectivamente, con probabilidad de arrastre de líquido, sin embargo la operación es eventual de corta duración.

Las dimensiones del tanque de desfogue de alta presión existente, en la Plataforma de Producción PB-AC-1 son aproximadamente 7% mayores que las del tanque requerido, en consecuencia puede manejar sin ningún problema la capacidad de 80 MMPCSD de gas.

El tanque de desfogue de alta presión existente en la Plataforma de Producción PB-AC-3, con dimensiones diámetro a tangente 2.438 m X 7.315 m (8' X 24'), pueden manejar sin problemas una capacidad de 203 MMPCSD, con una velocidad de la fase gaseosa de 38.7 pies/seg.

Las dimensiones diámetro a tangente del tanque de desfogue de alta presión existente, en la Plataforma de Producción PB-AC-2 son aproximadamente 55% menores que las calculadas 3.657 m X 11.734 m (12' X 38' 06") para una capacidad de 356 MMPCSD, sin embargo para una operación de contingencia el tanque existente puede manejar esta capacidad con una velocidad alta de la fase gaseosa 67.9 pies/seg y probabilidad de arrastre de líquidos.

Las dimensiones diámetro a tangente de los tanques existentes de desfogue de baja y alta presión en la Plataforma de Compresión CA-AC-1, son aproximadamente 37% menores que las del tanque requerido, sin embargo para una operación de contingencia los tanques existentes pueden manejar una capacidad de 356 MMPCSD de gas, con una velocidad aceptable de la fase gaseosa 39.9 pies/seg.

8.6 VÁLVULAS DE RELEVO DE PRESIÓN DE LA PLATAFORMA DE COMPRESIÓN CA-AC-4.

Del análisis y revisión de las válvulas de relevo de presión, control de presión y venteo de la sección de separación de baja, módulos de compresión de baja presión, sección de separación intermedia, módulos de compresión de alta presión, así como la sección de manejo de condensados y gas combustible de la Plataforma de Compresión CA-AC-4, se tiene lo siguiente:

Las válvulas de relevo de presión PSV-4203AA/AB (2" H 3") no tienen el área requerida para el relevo de 4.91 MMPCSD de gas en caso de fuego en el filtro separador FG-4203A/B, por lo que se recomienda sustituirlas en cada módulo de baja presión por una de orificio mayor, tamaño 2"-150# J 3"-150#.

En la sección de separación de presión intermedia las válvulas de relevo de presión, control de presión y venteo, tienen dimensiones adecuadas para manejar los flujos de gas requeridos a desfogue y/o venteo.

Las válvulas de relevo de presión PSV-4213AA/BA/CA/DA (2" G 3") tienen un tamaño mayor al requerido (1"-150# F 2"-150#) para el relevo de 2.13 MMPCSD de gas en caso de fuego en el filtro separador FG-4213A/B/C/D, para una presión de ajuste de 260 psig, por lo que es factible que presente el fenómeno de castañeteo ("chattering") cuando operen.

Las válvulas de relevo de presión PSV-4217AA/BA/CA/DA (1" E 2") tienen un tamaño mayor al requerido (1"-600# D 2"-150#) para el relevo de 2.03 MMPCSD de gas en caso de fuego en el separador de descarga de segunda etapa FA-4217A/B/C/D, para una presión de ajuste de 1200 psig, por lo que también es probable que se tenga el fenómeno de castañeteo cuando operen.

Con respecto al sistema de acondicionamiento de gas combustible, la válvula de relevo de presión PSV-4551A (4" N 6") tienen un tamaño mayor al requerido (4"-300# M 6"-150#) para el relevo de 81.61 MMPCSD de gas en caso de descarga bloqueada

en el separador de gas combustible FA-4551A, para una presión de ajuste de 705 psig.

Con relación al sistema de condensados, las válvulas de relevo de presión PSV-4253A/PSV-4254A (3/4" x 1", orificio 0.196 pulg²) tienen un área mayor a la requerida (0.184 pulg²) para el relevo de 50 GPM de condensados en caso de expansión térmica de líquido, para una presión de ajuste de 200 psig. Es conveniente hacer notar que enviar los líquidos de las válvulas de relevo de manera deliberada hacia el sistema de desfogue de gas esta en contra del API-RP-521.

8.7 VÁLVULAS DE VENDEO ASOCIADAS AL PROCESO Y SERVICIOS AUXILIARES DE LA PLATAFORMA DE COMPRESIÓN CA-AC-4.

El flujo máximo total solamente para el venteo instantáneo de la Plataforma de Compresión CA-AC-4 es de 688.5 MMPCSD, considerando que el diseño original del sistema de paro de emergencia (ESD) fue configurado en un solo nivel, en el cual se tienen los venteos simultáneos de 2 módulos de compresión de baja presión y 4 módulos de alta presión, así como el sistema BOP y gas combustible.

Los 4 módulos de compresión de alta presión contribuyen con la mayor proporción de flujo instantáneo de gas de venteo 75.52%, a través de las válvulas de venteo UV-4219AC/BC/CC/CD de 3"-900# RTJ en la 3ª etapa de compresión. Las válvulas de venteo de los 2 módulos de compresión de baja presión UV-4206AC/BC de 3"-150# RF, aportan un 4.36 % de flujo gas de venteo y el sistema BOP y gas combustible contribuyen con el restante 20.12%.

Es factible reducir los flujos instantáneos de venteo en los módulos de compresión de alta presión, por medio de la simulación de presión dinámica analizando los principales aspectos técnicos como son; el número y diámetro de las válvulas de venteo, la configuración y el comportamiento de presión y flujo dinámico cuando se depresuriza el compresor, así como la filosofía y lógica del sistema de paro de emergencia (ESD).

8.8 ANÁLISIS DE CARGAS AL SISTEMA DE DESFOGUE DE LA PLATAFORMA DE COMPRESIÓN CA-AC-4.

En el análisis de cargas efectuado en la Plataforma de Compresión CA-AC-4, donde se revisaron los eventos principales de proceso para manejo de gas que contribuirían con mayor carga al sistema de desfogue y quemador se obtuvieron las siguientes conclusiones:

En la sección de compresores de baja presión: (a) válvula de control de presión PV-4222E de 16" de D.N., localizada en la succión general de baja presión con 295.5 MMPCSD de gas, (b) válvula de relevo de presión PSV-4222A (8" T 10"), ubicada en el separador de baja presión FA-4222 con 131.8 MMPCSD, y (c) válvulas de relevo de presión PSV-4204AA/PSV-4204BA (8" T 10"), para protección de los enfriadores EC-4202A/EC-4205A y EC-4202B/EC-4205B con 110 MMPCSD, cada una.

En la sección de presión intermedia: (a) válvula de control de presión PV-4223F de 16" de D.N., localizada en la alimentación al separador de presión intermedia FA-4223 con 349.4 MMPCSD de gas, y (b) válvula de relevo de presión PSV-4223A (8" T 10"), ubicada en el mismo separador de presión intermedia con 132.4 MMPCSD.

En la sección de compresores de alta presión: (a) válvula de control de presión PV-4219AH de 6" de D.N., localizada en la descarga general de alta presión con 349.4 MMPCSD de gas, (b) válvulas de venteo UV-4219AC/UV-4219BC/UV-4219CC/UV-4219DC (3"-900# RTJ), ubicadas en la tercera etapa de cada uno de los módulos de compresión con 130 MMPCSD (de acuerdo al diseño original), y (c) válvulas de relevo de presión PSV-4210 en el enfriador de gas EC-4214, con 84.3 MMPCSD, PSV-4211 en el enfriador de gas EC-4216, con 86.7 MMPCSD, en cada una de las etapas de compresión del módulo de alta presión A/B/C y D, respectivamente.

En el caso de manejo de gas combustible, el evento principal que contribuye con mayor carga al sistema de desfogue y quemador es la válvula de relevo de presión PSV-4556A (2" H 3"), para protección del separador de gas combustible FA-4556 con 40 MMPCSD.

Los tamaños de los cabezales principales de desfogue pueden ser establecidos bajo dos condiciones: (a) caso de diseño hidráulico de la red, depresurización completa de la Plataforma de Compresión CA-AC-4 con 688.5 MMPCSD de gas, el cual corresponde a un diseño no optimizado, y (b) caso de diseño de operación normal, evento de descarga bloqueada de 4 compresores de alta presión y operación de la válvula de control PV-4219AH de 6" de D.N. con flujo de 349.46 MMPCSD de gas, el cual corresponde al flujo normal de 4 compresores de alta presión con un sobrediseño del 20%.

8.9 SIMULACIÓN DE FLUJOS INSTANTÁNEOS EN LOS MÓDULOS DE COMPRESIÓN DE BAJA PRESIÓN DE LA PLATAFORMA DE COMPRESIÓN CA-AC-4.

La simulación dinámica para depresurización de un módulo de compresión de baja presión, a través de la válvula UV-4206AC con tamaño 3"-150# RF concluyó que se puede manejar un flujo instantáneo de 14.5 MMPCSD de gas al tiempo de 0 segundos, y un tiempo estimado de depresurización del módulo de 1 minuto 40 segundos para alcanzar un nivel de presión de 51.2 psig.

Conforme pasa el tiempo el flujo de gas desalojado decae rápidamente, a los 60 segundos de depresurización se tiene que se ha desalojado un flujo equivalente al 31.7% del flujo original al tiempo de 0 segundos.

Se corrobora que el flujo instantáneo a un tiempo de 0 segundos es de 14.5 MMPCSD de gas, el cual difiere ligeramente -3.3% del reportado por el fabricante (15.0 MMPCSD) de los módulos de compresión de baja presión.

8.10 SIMULACIÓN DE FLUJOS INSTANTÁNEOS EN LOS MÓDULOS DE COMPRESIÓN DE ALTA PRESIÓN DE LA PLATAFORMA DE COMPRESIÓN CA-AC-4.

La simulación dinámica para depresurización de un módulo de compresión de alta presión, a través de una sola válvula UV-4219AC con tamaño 3"-900# RTJ localizada en la 3ª etapa de compresión, concluyó que se puede manejar un flujo instantáneo de 131 MMPCSD de gas al tiempo de 0 segundos, y un tiempo estimado de depresurización del módulo de 4 minutos 46.5 segundos para alcanzar un nivel de presión de 50 psig.

Conforme pasa el tiempo el flujo de gas desalojado decae más rápido, a los 62.5 segundos de depresurización se tiene que se ha desalojado un flujo equivalente al 72.2% del flujo original al tiempo de 0 segundos.

Se corrobora que el flujo instantáneo a un tiempo de 0 segundos es de 131 MMPCSD de gas, el cual difiere ligeramente +0.76% del reportado por el fabricante (130 MMPCSD) de los módulos de compresión de alta presión.

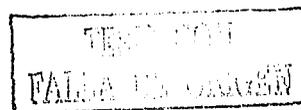
8.11 SIMULACIÓN DE FLUJOS INSTANTÁNEOS EN LOS MÓDULOS DE COMPRESIÓN DE ALTA PRESIÓN PARA OPTIMIZAR FLUJOS DE VENDEO.

Para el caso propuesto, reducción del diámetro nominal de la válvula de venteo UV-4219AC de 3"-900# RTJ a 2" de D.N., en la tercera etapa de compresión e inclusión de una válvula de 2" de D.N., en la segunda etapa de compresión de los módulos de compresión de alta presión, la gráfica 8.11.1 muestra la curva de depresurización del sistema, en la cual se observa lo siguiente:

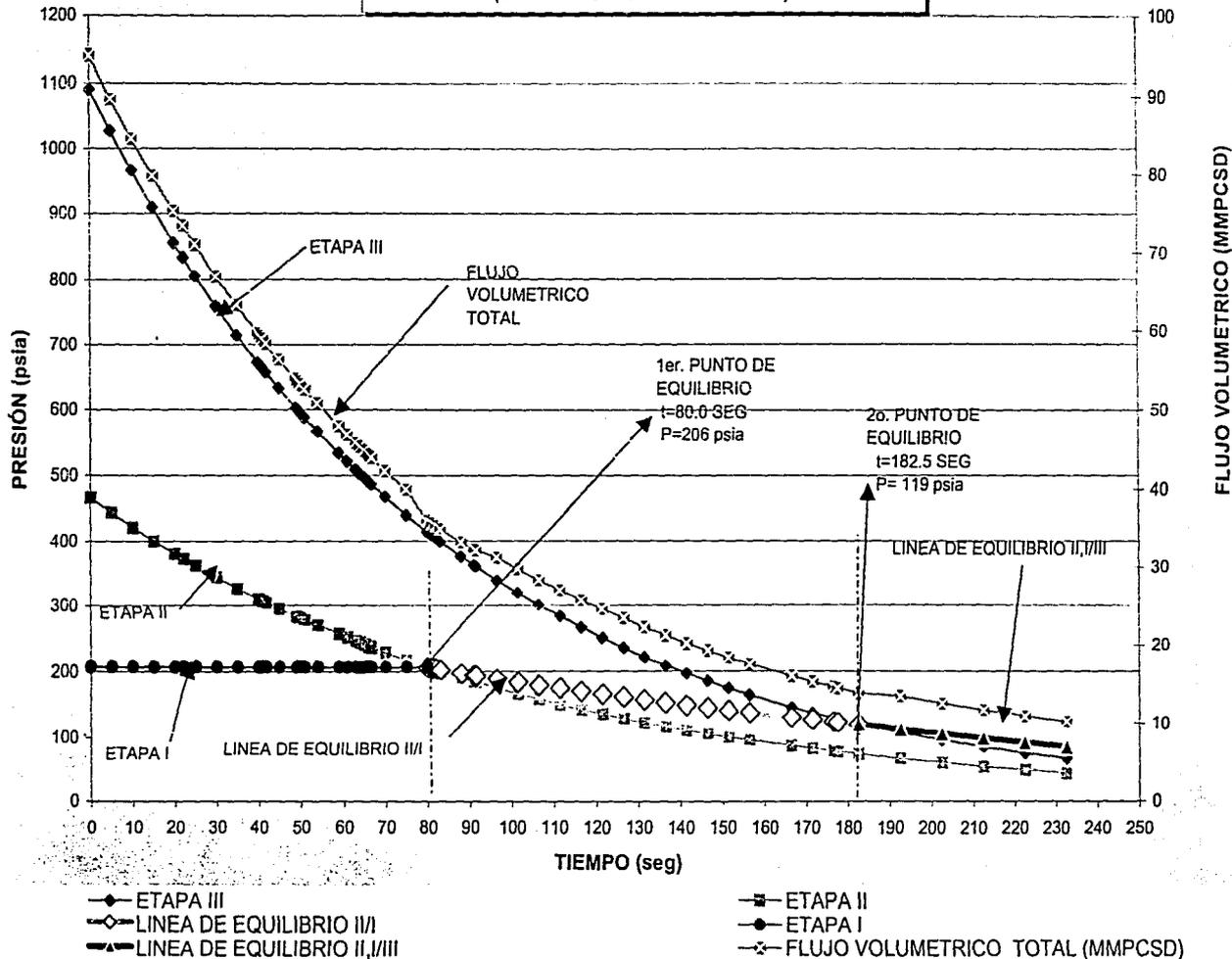
La curva de flujo volumétrico total se abate rápidamente conforme pasa el tiempo, a los 80 y 182.5 segundos se tiene un flujo de 36 y 13.9 MMPCSD entre las dos válvulas de 2" de D.N., representando una reducción de 62 y 85.3 % respectivamente, con respecto al flujo inicial 95 MMPCSD al tiempo $t=0$ segundos.

Con respecto, al comportamiento de las presiones en cada una de las etapas, una vez que se presenta el paro de emergencia (ESD), a los 80 segundos, la etapa II y I alcanzan un punto en el cual las presiones se igualan, llegando a un primer punto de equilibrio (206 psia), a partir de este punto las etapas II y I se comportan como si fueran un solo sistema en depresurización, el cual se representa por la línea de equilibrio entre II y I, mientras en la etapa III, se sigue abatiendo la presión conforme pasa el tiempo.

Posteriormente, a los 182.5 segundos, la etapa III alcanza otro punto, en el cual las presiones se igualan con la etapa III, llegando a un segundo punto de equilibrio (119 psia), a partir de este punto la etapa III y la etapa I se comportan como si fueran un solo sistema en depresurización, el cual se representa por la segunda línea de equilibrio entre II, I/III, hasta alcanzar la presión final de depresurización.



GRAFICA 8.11.1
 DEPRESURIZACIÓN CON VÁLVULAS INTERETAPA
 DE 2" Y 2" DE D.N. EN 2a. Y 3a. ETAPA RESPECTIVAMENTE
 (CON DATOS EN BASE AL DFP).



163

TRAZO CON
 PALA DE ORIGEN

- ◆ ETAPA III
- ◇ LINEA DE EQUILIBRIO III
- ▲ LINEA DE EQUILIBRIO II, III
- ETAPA II
- ETAPA I
- × FLUJO VOLUMETRICO TOTAL (MMPCSD)

Es conveniente indicar que la curva de depresurización es específica de cada arreglo y diámetro de la válvula de venteo en el sistema, y que cuando se alcanza un punto de equilibrio la curva de depresurización se comporta como una asíntota hacia abajo, con una trayectoria intermedia entre el comportamiento de cada etapa, como si se estuviera depresurizando en forma independiente un solo sistema.

De acuerdo a los resultados obtenidos, ambas válvulas de 2" de D.N., pueden manejar un flujo instantáneo de 95 MMPCSD al tiempo de 0 segundos, el cual representa una reducción del 27.5% con respecto al manejado por una sola válvula de 3" de D.N. (131.0 MMPCSD) en la tercera etapa de compresión, y un tiempo estimado de depresurización de 4 minutos 32.5 segundos hasta un nivel de 48.6 psig, el cual es ligeramente menor al indicado en el punto 8.10.

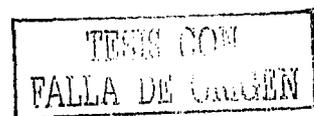
En conclusión, el arreglo de válvulas de venteo de 2" de D.N., en la segunda y tercera etapa de compresión, reduce el flujo instantáneo de gas de venteo en 36 MMPCSD por módulo y a un total de 144 MMPCSD cuando se tengan el paro simultáneo y venteo de cuatro módulos, con un tiempo de depresurización adecuado no mayor a 5 minutos.

Se recomienda buscar el punto medio para optimizar flujos de venteo, dependiendo de las condiciones particulares del sistema con varias etapas de compresión y del comportamiento de presión dinámica en cada etapa, no necesariamente adicionando válvulas en cada una de las etapas de compresión y reduciendo el diámetro de las mismas, se logra abatir el tiempo de depresurización y el flujo instantáneo. El detalle es determinar un punto en el tiempo en que se alcanza una presión de equilibrio entre dos o más etapas, para continuar depresurizándose como un solo sistema.

Por otra parte, se desprende que es factible reducir aún más el flujo instantáneo de gas de descarga por medio del concepto técnico de venteo programado, particularmente el escalonado y secuencial de los módulos de compresión de alta presión, por lo que se recomienda con la información de perfil de presión dinámica y flujos instantáneos, determinar e implementar en forma integral el venteo escalonado de los módulos de alta presión en caso de paro de emergencia, con lo cual se optimizará el diseño de la Ingeniería Básica y la capacidad del quemador de la Plataforma de Compresión CA-AC-4.

(B) OPTIMIZACIÓN DE LA INGENIERÍA BÁSICA DEL SISTEMA DE DESFOGUE Y QUEMADOR DE LA PLATAFORMA DE COMPRESIÓN AKAL CA-AC-4,

En esta parte, se incluyen los resultados obtenidos del impacto que tienen las filosofías de paro simultáneo de los módulos de compresión y paro secuencial de los módulos de alta, con relación a la determinación dinámica de los flujos de venteo, considerando la inclusión propuesta de válvulas interetapa en los sistemas de compresión de alta presión, con objeto de optimizar la capacidad del quemador nuevo para la Plataforma de Compresión CA-AC-4.



El primer escenario considera, la filosofía de paro simultáneo, la cual comprende el venteo inmediato de los cuatro módulos de compresión de alta presión y los dos módulos de compresión de baja presión, con un retraso de 45 segundos del venteo del sistema BOP.

Con respecto, al segundo escenario la filosofía de paro secuencial de los módulos de compresión de alta presión, se propone que haya un lapso de 15 segundos entre el venteo de cada módulo de alta presión. Y el paro y venteo de ambos módulos de baja presión se realice 60 segundos después del paro del primer módulo de alta, retrasando 105 segundos el venteo del sistema BOP.

8.12 VÁLVULAS INTERETAPA II/III (2"/2") Y VENTEO SIMULTÁNEO DE LOS MODULOS DE COMPRESIÓN DE ALTA Y BAJA PRESIÓN, CON RETRASO DEL BOP, EN CASO DE PARO DE EMERGENCIA.

Con el venteo simultáneo de los cuatro módulos de alta (GB-4212A/B/C/D) y dos de baja presión (GB-4201A/B), se tiene un flujo máximo de venteo de 409 MMPCSD de gas al tiempo de 0 segundos, rebasando la capacidad del quemador 7 (356 MMPCSD), por lo que este flujo de venteo se tendría que manejar entre el quemador 7 y 6 del Complejo. (Ver tabla 8.12.1)

Las válvulas de control de presión PV-3190C (12" D.N.), PV-3190B (16" D.N.) y PV-3755 (16" D.N.), así como la PV-6108 (12" D.N.) operarían con desvío de gas de alimentación de baja e intermedia presión 220 y 72 MMPCSD, respectivamente.

Para independizar el sistema de desfogue, el nuevo quemador de la Plataforma CA-AC-4 bajo esta filosofía, tendría que manejar un flujo máximo de 701 MMPCSD de gas al tiempo $t=0$ segundos, así como un flujo de 349.4 MMPCSD en un evento de descarga bloqueada de 4 compresores de alta presión y un flujo mínimo de 292 MMPCSD de desvío de gas de alimentación.

8.13 VÁLVULAS INTERETAPA II/III (2"/2") Y VENTEO SECUENCIAL DE LOS MODULOS DE COMPRESIÓN DE ALTA PRESIÓN, CON RETRASO DEL BOP, EN CASO DE PARO DE EMERGENCIA.

Con respecto a la filosofía de paro secuencial de los 4 módulos de compresión de alta presión (GB-4212A/B/C/D) y 2 de baja presión (GB-4201A/B), se logra reducir hasta un flujo máximo de venteo de 305.3 MMPCSD de gas al tiempo de 105 segundos, sin rebasar la capacidad del quemador 7 (356 MMPCSD). (Ver tabla 8.13.1)

Las válvulas de control de presión PV-4222E (16" D.N.) y PV-4223F (16" D.N.), operarían manejando un flujo de desvío de 220 y 72 MMPCSD de gas de alimentación de baja e intermedia presión, respectivamente, para independizar completamente el desfogue de CA-AC-4.

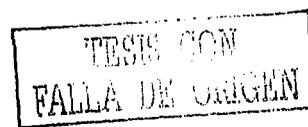


TABLA B 121
VALVULAS INTERETAPA Y PARO BALANCEADO DE LOS MÓDULOS DE COMPRESIÓN DE ALTA Y BAJA PRESIÓN CON RETRASO DEL BOP
DESPUÉS DE DOS COMPRESIONES DE BAJA Y CUATRO COMPRESIONES DE ALTA
CARGO PARO BALANCEADO CON VALVULAS INTERETAPA MM (2'2")
MÓDULOS A, B, C Y D (ALTA PRESIÓN)

MÓDULO DE COMPRESIÓN	TIEMPO (segundos)																				OBSERVACIONES
	0	15	30	45	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210	225	240	255	270	285		
GB-4212 A	FLUJO IMPRIMIDO																				
RE ETAPA (2) Proceso	25.1	21.8	18.5	15.9	13.2	11.7	10.3	14.1	12.3	10.8	9.2	8.1	6.9	6.8	5.9	5.5	4.7	4.5	3.8		
RE ETAPA (2) UV-4212AC	68.9	56.3	48.9	42.5	33.0	29.7	13.2	14.1	12.2	10.8	9.2	8.1	6.9	6.8	5.9	5.5	4.7	4.5	3.8		
GB-4212 B	FLUJO IMPRIMIDO																				
RE ETAPA (2) Proceso	25.1	21.8	18.5	15.9	13.2	11.7	10.3	14.1	12.3	10.8	9.2	8.1	6.9	6.8	5.9	5.5	4.7	4.5	3.8		
RE ETAPA (2) UV-4212BC	68.9	56.3	48.9	42.5	33.0	29.7	13.2	14.1	12.2	10.8	9.2	8.1	6.9	6.8	5.9	5.5	4.7	4.5	3.8		
GB-4212 C	FLUJO IMPRIMIDO																				
RE ETAPA (2) Proceso	25.1	21.8	18.5	15.9	13.2	11.7	10.3	14.1	12.3	10.8	9.2	8.1	6.9	6.8	5.9	5.5	4.7	4.5	3.8		
RE ETAPA (2) UV-4212CC	68.9	56.3	48.9	42.5	33.0	29.7	13.2	14.1	12.2	10.8	9.2	8.1	6.9	6.8	5.9	5.5	4.7	4.5	3.8		
GB-4212 D	FLUJO IMPRIMIDO																				
RE ETAPA (2) Proceso	25.1	21.8	18.5	15.9	13.2	11.7	10.3	14.1	12.3	10.8	9.2	8.1	6.9	6.8	5.9	5.5	4.7	4.5	3.8		
RE ETAPA (2) UV-4212DC	68.9	56.3	48.9	42.5	33.0	29.7	13.2	14.1	12.2	10.8	9.2	8.1	6.9	6.8	5.9	5.5	4.7	4.5	3.8		
GB-4201 A	FLUJO IMPRIMIDO																				
RE ETAPA (2) UV-4201AC	14.5	13.2	10.8	9.9	9.0	8.1	7.4	6.7	6.1	5.5											
GB-4201 B	FLUJO IMPRIMIDO																				
RE ETAPA (2) UV-4201BC	14.5	13.2	10.8	9.9	9.0	8.1	7.4	6.7	6.1	5.5											
RE ETAPA (2) UV-4201CC	14.5	13.2	10.8	9.9	9.0	8.1	7.4	6.7	6.1	5.5											
FLUJO INSTANTANEO TOTAL	458.9	346.1	290.2	243.9	223.2	179.9	163.2	119.2	91.8	73.6	64.4	55.2	51.4	47.2	44.0	37.8	35.8	30.4			
ALIMENTACIÓN DE GAS BAJA P	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220		
ALIMENTACIÓN DE GAS ALTA/INTERMEDIA P	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72			
FLUJO TOTAL	751.8	638.3	542.2	475.9	443.2	391.9	391.2	377.8	303.8	305.4	348.4	347.2	348.4	338.2	338.0	325.8	327.8	322.4			

COP DE DESVIO PV-319AC
 PV-319AB + PV-375B
 COP DE DESVIO PV-101B

- NOTAS:**
 1- MÓDULOS DE ALTA PRESIÓN GB-4212 A/B/C/D
 2- MÓDULOS DE BAJA PRESIÓN GB-4201 A/B
 3- EL SISTEMA (BOP) BALANCE DE GAS DE PLANTA, CONSIDERA LAS VALVULAS DE SUCCIÓN DE BAJA Y ALTA PRESIÓN DE COMPRESIÓN.
 SISTEMA DE CONDENSADOS Y SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO DE GAS COMBUSTIBLE.
- OBSERVACIONES:**
 1- CON EL PARO BALANCEADO DE LOS MÓDULOS DE ALTA Y BAJA PRESIÓN SE TIENE UN FLUJO MÁXIMO DE VIENTO DE 4% IMPRIMIDO AL TIEMPO DE 0 SEGUNDOS, REBASANDO LA CAPACIDAD DEL QUEMADOR 7 (2M IMPRIMIDO).
 2- EL VIENTO DEL BOP SE RETIENE HASTA LOS 45 SEGUNDOS, DEBIDO A QUE BALANCEAN EL GAS DE SELLOS A LOS MÓDULOS DE BAJA Y ALTA PRESIÓN.
 3- LAS PH-4222 Y PH-4221F MANEJAN UN FLUJO DE DESVIO DE 200 T/2 IMPRIMIDO DE GAS DE LA ALIMENTACIÓN DE GAS DE BAJA PRESIÓN E INTIENDE PARA EL CASO DE INDETERMINAR EL DESDIFUSO DE CA-4-C.
 4- SE PRESENTA UN FLUJO MÁXIMO DE 701 IMPRIMIDO CONTRIBUCIÓN DE VIENTO (4M IMPRIMIDO) Y DESVIO DE GAS DE ALIMENTACIÓN (2M IMPRIMIDO) AL TIEMPO 10 SEGUNDOS.
 5- EL QUEMADOR 7 DE CA-4-C NO TIENE LA CAPACIDAD PARA MANEJAR UN FLUJO MÁXIMO DE 701 IMPRIMIDO DE GAS AL TIEMPO 10 SEGUNDOS.
 6- EL QUEMADOR 10 DE CA-4-C TIENE LA CAPACIDAD PARA MANEJAR UN FLUJO MÁXIMO DE 701 IMPRIMIDO AL TIEMPO 10 SEGUNDOS, ASÍ COMO UN FLUJO DE 349 IMPRIMIDO EN UN EVENTO DE DESCARGA BLOQUEADA DE 4 COMPRESORES DE ALTA PRESIÓN Y UN FLUJO MÁXIMO DE 292 IMPRIMIDO DE DESVIO DE GAS DE ALIMENTACIÓN.

TABLA B 121
VALVULAS INTERETAPA Y PARO PROGRAMADO SECUENCIAL DE LOS MÓDULOS DE COMPRESIÓN DE ALTA PRESIÓN
DESPUÉS DE DOS COMPRESIONES DE BAJA Y CUATRO COMPRESIONES DE ALTA
CARGO PROGRAMADO VALVULAS INTERETAPA MM (2'2")
MÓDULOS A, B, C Y D (ALTA PRESIÓN)

MÓDULO DE COMPRESIÓN	TIEMPO (segundos)																				OBSERVACIONES
	0	15	30	45	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210	225	240	255	270	285	300	
GB-4212 A	FLUJO IMPRIMIDO																				
RE ETAPA (2) Proceso	25.1	21.8	18.5	15.9	13.2	11.7	10.3	14.1	12.3	10.8	9.2	8.1	6.9	6.8	5.9	5.5	4.7	4.5	3.8		
RE ETAPA (2) UV-4212AC	68.9	56.3	48.9	42.5	33.0	29.7	13.2	14.1	12.2	10.8	9.2	8.1	6.9	6.8	5.9	5.5	4.7	4.5	3.8		
GB-4212 B	FLUJO IMPRIMIDO																				
RE ETAPA (2) Proceso	25.1	21.8	18.5	15.9	13.2	11.7	10.3	14.1	12.3	10.8	9.2	8.1	6.9	6.8	5.9	5.5	4.7	4.5	3.8		
RE ETAPA (2) UV-4212BC	68.9	56.3	48.9	42.5	33.0	29.7	13.2	14.1	12.2	10.8	9.2	8.1	6.9	6.8	5.9	5.5	4.7	4.5	3.8		
GB-4212 C	FLUJO IMPRIMIDO																				
RE ETAPA (2) Proceso	25.1	21.8	18.5	15.9	13.2	11.7	10.3	14.1	12.3	10.8	9.2	8.1	6.9	6.8	5.9	5.5	4.7	4.5	3.8		
RE ETAPA (2) UV-4212CC	68.9	56.3	48.9	42.5	33.0	29.7	13.2	14.1	12.2	10.8	9.2	8.1	6.9	6.8	5.9	5.5	4.7	4.5	3.8		
GB-4212 D	FLUJO IMPRIMIDO																				
RE ETAPA (2) Proceso	25.1	21.8	18.5	15.9	13.2	11.7	10.3	14.1	12.3	10.8	9.2	8.1	6.9	6.8	5.9	5.5	4.7	4.5	3.8		
RE ETAPA (2) UV-4212DC	68.9	56.3	48.9	42.5	33.0	29.7	13.2	14.1	12.2	10.8	9.2	8.1	6.9	6.8	5.9	5.5	4.7	4.5	3.8		
GB-4201 A	FLUJO IMPRIMIDO																				
RE ETAPA (2) UV-4201AC	14.5	13.2	10.8	9.9	9.0	8.1	7.4	6.7	6.1	5.5											
GB-4201 B	FLUJO IMPRIMIDO																				
RE ETAPA (2) UV-4201BC	14.5	13.2	10.8	9.9	9.0	8.1	7.4	6.7	6.1	5.5											
RE ETAPA (2) UV-4201CC	14.5	13.2	10.8	9.9	9.0	8.1	7.4	6.7	6.1	5.5											
FLUJO INSTANTANEO TOTAL	610	474.8	342.0	296.4	276.7	236.1	181.2	127.7	107.1	91.8	81.7	72.9	55.2	45.8	41.1	36.9	29.9	28.5	7.8		
ALIMENTACIÓN DE GAS BAJA P	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220		
ALIMENTACIÓN DE GAS ALTA/INTERMEDIA P	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72			
FLUJO TOTAL	117.2	152.9	168.0	162.4	152.7	148.1	149.2	141.7	141.7	141.7	141.7	141.7	141.7	141.7	141.7	141.7	141.7	141.7	206.8		

COP DE DESVIO PV-4222B
 COP DE DESVIO PV-4222F

- NOTAS:**
 1- MÓDULOS DE ALTA PRESIÓN GB-4212 A/B/C/D
 2- MÓDULOS DE BAJA PRESIÓN GB-4201 A/B
 3- EL SISTEMA (BOP) BALANCE DE GAS DE PLANTA, CONSIDERA LAS VALVULAS DE SUCCIÓN DE BAJA Y ALTA PRESIÓN DE COMPRESIÓN.
 SISTEMA DE CONDENSADOS Y SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO DE GAS COMBUSTIBLE.
- OBSERVACIONES:**
 1- CON EL PARO PROGRAMADO SECUENCIAL DE LOS MÓDULOS DE ALTA PRESIÓN SE TIENE UN FLUJO MÁXIMO DE VIENTO DE 3.4% IMPRIMIDO A LOS 105 SEGUNDOS, SIN REBASAR LA CAPACIDAD DEL QUEMADOR 7 (2M IMPRIMIDO).
 2- EL VIENTO DEL BOP SE RETIENE HASTA LOS 105 SEGUNDOS, DEBIDO A QUE BALANCEAN EL GAS DE SELLOS A LOS MÓDULOS DE BAJA Y ALTA PRESIÓN.
 3- LAS PH-4222 Y PH-4221F MANEJAN UN FLUJO DE DESVIO DE 200 T/2 IMPRIMIDO DE GAS DE LA ALIMENTACIÓN DE GAS DE BAJA PRESIÓN E INTIENDE PARA EL CASO DE INDETERMINAR EL DESDIFUSO DE CA-4-C.
 4- SE PRESENTA UN FLUJO MÁXIMO DE 349 IMPRIMIDO CONTRIBUCIÓN DE VIENTO (3M IMPRIMIDO) Y DESVIO DE GAS DE ALIMENTACIÓN (2M IMPRIMIDO) A LOS 105 SEGUNDOS, CON DURACIÓN DE 36 SEGUNDOS.
 5- EL QUEMADOR 7 DE CA-4-C NO TIENE LA CAPACIDAD PARA MANEJAR UN FLUJO MÁXIMO DE 349 IMPRIMIDO DURANTE 36 SEGUNDOS.
 6- EL QUEMADOR 10 DE CA-4-C TIENE LA CAPACIDAD PARA MANEJAR UN FLUJO MÁXIMO DE 349 IMPRIMIDO DURANTE 36 SEGUNDOS, ASÍ COMO UN FLUJO DE 349 IMPRIMIDO EN UN EVENTO DE DESCARGA BLOQUEADA DE 4 COMPRESORES DE ALTA PRESIÓN Y UN FLUJO MÁXIMO DE 292 IMPRIMIDO DE DESVIO DE GAS DE ALIMENTACIÓN.

156

FALLA DE CABLEN
 PRESS CONT

Con los conceptos técnicos de válvulas interetapa y paro secuencial en los compresores de alta presión, se presenta un flujo máximo de 597.3 MMPCSD de gas a un tiempo $t=105$ segundos, contribución de 305.3 MMPCSD del venteo y 292 MMPCSD de desvío de gas de alimentación de baja y presión intermedia, con una duración de 30 segundos aproximadamente.

En conclusión para independizar completamente el sistema de desfogue, el nuevo quemador de la Plataforma CA-AC-4 bajo esta filosofía, debe tener la flexibilidad operativa para manejar un flujo máximo de 597.3 MMPCSD durante 30 segundos aproximadamente, así como un flujo normal de diseño de 349.4 MMPCSD para el evento de descarga bloqueada de 4 compresores de alta presión y un flujo mínimo de 292 MMPCSD para desvío de gas de la alimentación.

En consecuencia, para optimizar el diseño del quemador de la Plataforma de Compresión CA-AC-4 y la ingeniería básica del sistema de desfogue se recomienda; para el caso de diseño hidráulico de la red de desfogue, depresurización completa de la Plataforma de Compresión CA-AC-4 y desvío de gas de alimentación 597.3 MMPCSD de gas, el cual corresponde a un diseño óptimo, y la capacidad de diseño normal para el quemador nuevo sea de 349.4 MMPCSD, la cual corresponde al evento de descarga bloqueada de 4 compresores de alta presión, considerando que el flujo máximo de 597.3 MMPCSD de gas pueda ser manejado por el mismo quemador con un rango de 0.7 a 0.8 Mach, debido a que el periodo de operación es de muy corta duración.

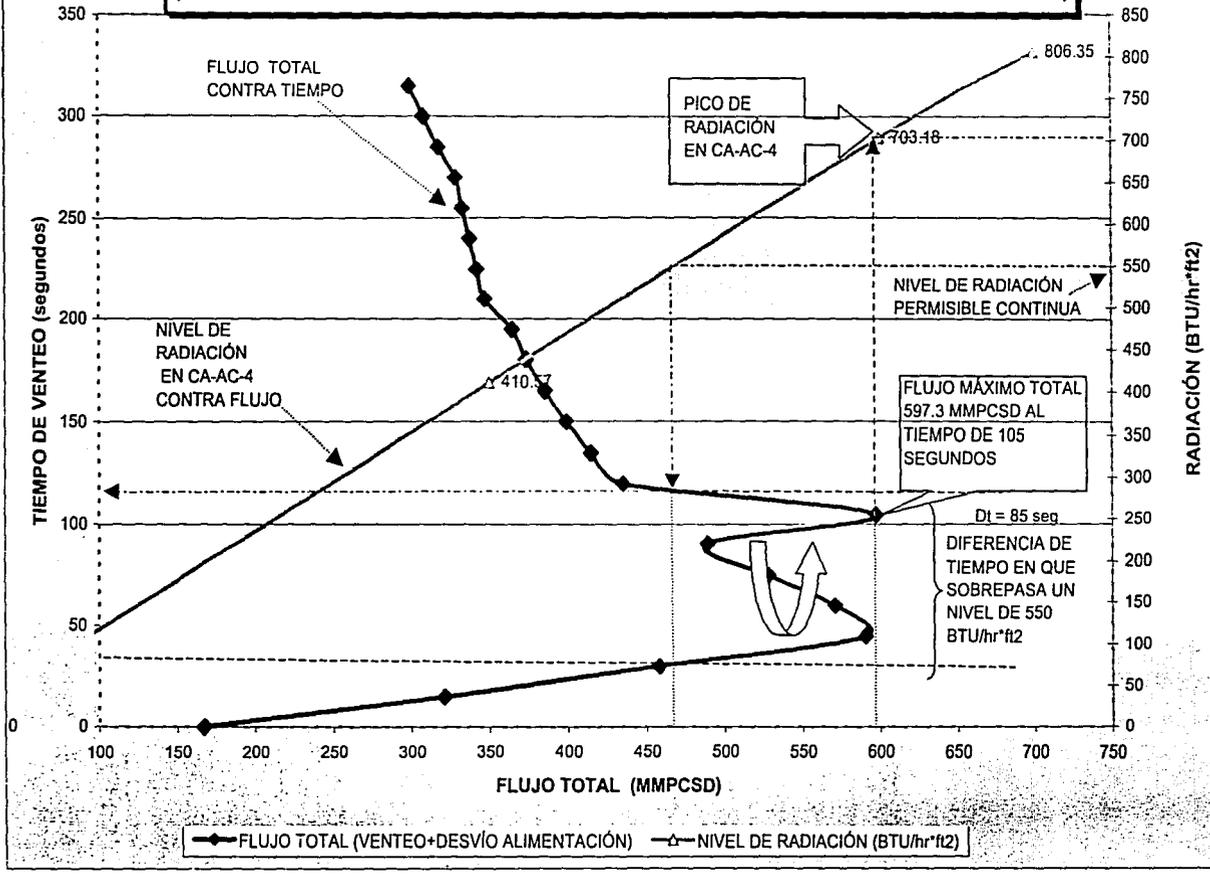
8.14 DISEÑO DEL QUEMADOR ELEVADO NUEVO PARA LA PLATAFORMA DE COMPRESIÓN AKAL CA-AC-4.

Se concluye que las características del nuevo quemador CB-4201 de la Plataforma CA-AC-4 son; diámetro nominal de 36" y altura de 42 metros para una capacidad normal de diseño de 349.46 MMPCSD de gas, con un Mach de 0.52 y nivel de radiación de 410.57 BTU/hr* ft^2 a 191.2 metros de la Plataforma referida.

Adicionalmente, este quemador nuevo CB-4201 tendrá la flexibilidad operativa para manejar un flujo máximo de contingencia de 597.3 MMPCSD de gas, con un Mach de 0.76 incrementando el nivel de radiación a 703.18 BTU/hr* ft^2 en el puente al entrar a la Plataforma CA-AC-4, sin implicar riesgo para personal operativo.

Con base a la gráfica 8.14.1 de flujos de contingencia y paro secuencial de los módulos de compresión de alta, se observa que después de 30 segundos se tiene un periodo muy corto aproximadamente de 85 segundos, donde la radiación generada por los flujos máximos variables oscila entre 550 y 703 BTU/hr* ft^2 en el puente al entrar a la Plataforma de Compresión CA-AC-4. Por lo que la radiación y los tiempos de exposición son aceptables, teniendo en cuenta que para un nivel de 740 BTU/hr* ft^2 se tiene un tiempo de exposición menor aproximadamente de 40 segundos.

GRAFICA 8.14.1
FLUJOS DE CONTINGENCIA
(PARO PROGRAMADO SECUENCIAL MÓDULOS DE COMPRESIÓN DE ALTA)



188

TESIS CON
 FALLA DE CALOR

8.15 DISEÑO DEL TANQUE DE DESFOGUE NUEVO PARA LA PLATAFORMA DE COMPRESIÓN AKAL CA-AC-4.

En principio con las dimensiones del tanque de desfogue existente FA-4251, 1.828 m (6 pies) de diámetro nominal por 4.572 m (15 pies) de longitud tangente a tangente, no se cumple con la práctica recomendada API-RP-521 para separar partículas de 300 a 600 micrones.

Se recomienda instalar un separador de desfogue adicional para la capacidad de 349.4 MMPCSD de gas, diseñado de acuerdo a API-RP-521 y que opere en serie con el existente FA-4251.

Para un flujo estimado de 350 MMPCSD de gas y tiempo de residencia de 30 minutos, las dimensiones del separador de desfogue nuevo FA-4261 son; 3.200 m (10.5 pies) de diámetro nominal por 9.601 m (31.5 pies) de longitud tangente a tangente, con una L/D de 3.0. Adicionalmente, este separador puede manejar sin problemas un flujo máximo eventual de 597.3 MMPCSD con una velocidad del gas de 34.60 pies/segundo.

El separador de desfogue nuevo FA-4261, y sistema de bombeo de condensados asociado GA-4261/R para un flujo de 60 gpm y presión diferencial de 5.36 kg/cm², son factibles de localizarse en un trípode intermedio aproximadamente a 88.812 metros de la Plataforma CA-AC-4.

En conclusión, el quemador nuevo CB-4201, separador de desfogue FA-4261 y sistema de bombeo de condensados GA-4261/R asociado, así como la infraestructura para soporte y accesos, trípodes y puentes de interconexión, proporcionan flexibilidad operativa y ofrecen la independencia completa y confiable en el sistema de quemado y desfogue a la Plataforma de Compresión CA-AC-4.

8.16 ANÁLISIS DE CONTRAPRESIONES Y VELOCIDADES EN CABEZALES Y LÍNEAS PRINCIPALES DE DESFOGUE PARA LA PLATAFORMA DE COMPRESIÓN AKAL CA-AC-4.

Con base al análisis para las líneas principales, se recomienda manejar un diámetro de 6" en cada una de las descargas de las válvulas de venteo UV-4206AC/BC (3"-150#) de módulos de compresión de baja presión, así como en las válvulas de venteo propuestas de 2" de D.N. para la 2ª etapa (4218AC/BC/CC/DC 2"-600# RF) y 3ª etapa (4219AC/BC/CC/DC 2"-900# RTJ) de los módulos de compresión de alta presión, para evitar problemas de contrapresiones y velocidades excesivas.

Con respecto a los diámetros a la descarga de las válvulas de control de presión PV-4222E (16" D.N.) cabezal de succión de baja presión, PV-4223F (16" D.N.) cabezal de succión de alta presión y PV-4219AH (6" de D.N.) cabezal general de descarga de alta presión, se recomienda integrarlas con línea de 24" de D.N. al cabezal de

desfogue principal de 36" de D.N., para evitar problemas de contrapresiones y velocidades superiores al 70% de la velocidad sónica.

8.17 PAQUETE DE INGENIERÍA BÁSICA OPTIMIZADO SISTEMA DE DESFOGUE Y QUEMADOR DE LA PLATAFORMA DE COMPRESIÓN AKAL CA-AC-4.

Finalmente, con respecto a esta sección, en el Anexo "C" se incluye un paquete de Ingeniería Básica desarrollada la cual considera cada uno de los aspectos técnicos desarrollados en el trabajo para realizar un diseño óptimo de Ingeniería en el Sistema de Desfogue y quemador de la Plataforma de Compresión CA-AC-4.

Los documentos entregables que integran el paquete de Ingeniería Básica son:

- i. Plano de Notas generales, Leyendas y Símbolos.
- ii. Diagrama de Tubería e Instrumentación Configuración del Desfogue Plataforma de Compresión CA-AC-4.
- iii. Diagrama de Tubería e Instrumentación Tanque de Desfogue FA-4261 y Quemador CB-4201 para la Plataforma de Compresión CA-AC-4.
- iv. Plano de Localización General de Equipo Trípodes, Puentes, Tanque de desfogue FA-4261 y Quemador Elevado CB-4201.
- v. Índice de Servicio.
- vi. Hoja de Datos de Quemador Elevado CB-4201.
- vii. Hoja de Datos de Tanque de Desfogue FA-4261.
- viii. Hoja de Datos de Bombas de Condensados GA-4261/R.
- ix. Hoja de Datos de Válvulas de Control PCV-1601.
- x. Lista de Líneas.

8.18 CONCLUSIONES FINALES DE LA INVESTIGACIÓN.

- El análisis y diseño de un servicio auxiliar prioritario, tal como el sistema de desfogue y depresurización en plataformas de compresión marinas es una actividad muy laboriosa y compleja. Sin embargo, el conocimiento y empleo adecuado de los códigos, prácticas recomendadas y normas aplicables, aunado a la experiencia del ingeniero de diseño y la puesta en práctica de la metodología desarrollada basada en la determinación de flujos instantáneos de venteo, inclusión de válvulas de venteo interetapa, al venteo programado y secuencial en los módulos de compresión, en caso de paro de emergencia, manejados a través del problema ingenieril, permitirá la obtención de una Ingeniería Básica con diseños optimizados, para una operación eficiente de cada uno de los equipos y componentes que integran el sistema de desfogue.
- Para el caso específico del problema de aplicación práctica donde se tiene un sistema de compresión de alta presión con tres etapas de compresión, los conceptos técnicos involucrados inclusión de válvulas de venteo interetapa, reducción de flujos instantáneos de descarga a través de la simulación de presión dinámica, venteo programado y secuencial en equipo de proceso en caso de paro de emergencia, y metodología de cálculo utilizada, disminuyeron hasta un orden de 2.26 veces (de 688.5 a 305.3 MMPCSD) el flujo máximo instantáneo de gas de venteo y 39% el flujo total de gas a quemador (de 980.5 a 597.3 MMPCSD), en consecuencia se logra optimizar la capacidad de diseño del sistema de desfogue de la Plataforma de Compresión CA-AC-4, con la obtención de beneficios directos en menores dimensiones de cabezales principales, tanque de desfogue y quemador elevado, así como incremento de eficiencia operativa y disminución de los costos de adquisición y operación de los equipos.
- Los datos de la tabla 8.18.1 la cual resume los resultados de este trabajo confirman la hipótesis de que el sistema de desfogue optimiza su capacidad, eficiencia y costo con base a la reducción de flujos instantáneos de descarga y a un venteo programado y secuencial de los equipos de compresión. Datos obtenidos a través del análisis y diseño de un sistema de desfogue en plataformas de compresión marinas, el desarrollo de un programa de simulación para flujos instantáneos y definiendo la metodología de cálculo.
- Por lo que se recomienda solicitar a los proveedores de compresores centrífugos, un diseño más elaborado y detallado del sistema de depresurización y desfogue, con base en la inclusión de válvulas de venteo interetapa y a un venteo programado secuencial de módulos de compresión de alta presión en caso de paro de emergencia, con el objeto de obtener flujos máximos instantáneos de venteo que estén entre el rango de capacidad normal y máxima de manejo de gas de la instalación, para lograr menores dimensiones y costo en infraestructura de desfogue.

TABLA 8.18.1
RESUMEN DE RESULTADOS

CONCEPTO/DESCRIPCIÓN MÓDULOS DE COMPRESIÓN	DIAM. VALVULAS DE VENTEO		FLUJOS INSTANTÁNEOS DE DESCARGA (MMPCSD)	TIEMPO INICIAL (SEG)	TIEMPO DE DEPRESURIZACIÓN (MIN.) ± 50 psig	REDUCCIÓN FLUJOS DE DESCARGA (MMPCSD)	BOP (MMPCSD)	ALIMENTACIÓN DE GAS		FLUJO DE VENTEO (MMPCSD)	FLUJO TOTAL (MMPCSD)	OBSERVACIONES
	MÓDULO BAJA PRESIÓN	MÓDULOS DE ALTA PRESIÓN						BAJA PRESIÓN (MMPCSD)	INTERMEDIA PRESIÓN (MMPCSD)			
	1a. ETAPA	2a. ETAPA INTERETAPA										
1 DE BAJA PRESIÓN 2 DE BAJA PRESIÓN 1 DE ALTA PRESIÓN 4 DE ALTA PRESIÓN SUBTOTAL	1 DE 3" 2 DE 3"		15 30 130 520	0 0 0 0	1.7 1.7 4.78 4.78						590.3	DISEÑO ORIGINAL VENTEO SIMULTANEO MOD. DE BAJA MOD. DE ALTA ALIMENTACIÓN DE GAS BOP a=1=0 seg
1 DE ALTA PRESIÓN		1 DE 3" 1 DE 2" 1 DE 1 1/2"	131 65.1 39	0 0 0	4.78 9.6 16.1							DETERMINACIÓN TAMAÑO ÓPTIMO DE VÁLVULA DE VENTEO A TRAVÉS DEL SIMULADOR
1 DE ALTA PRESIÓN		1 DE 3" 1 DE 2 1/2"	182.3 134.3	0 0	2.75 3.55							DETERMINACIÓN TAMAÑO ÓPTIMO DE VÁLVULA DE VENTEO INTERETAPA A TRAVÉS DEL SIMULADOR
1 DE BAJA PRESIÓN 2 DE BAJA PRESIÓN 1 DE ALTA PRESIÓN 4 DE ALTA PRESIÓN SUBTOTAL	1 DE 3" 2 DE 3"	PROPIUESTA 1 DE 2" 4 DE 2"	14.5 29 95 380	0 0 0 0	1.7 1.7 4.54 4.54	36 144					701	INCLUSIÓN DE VALVULAS INTERETAPA VENTEO SIMULTANEO MOD. DE BAJA MOD. DE ALTA ALIMENTACIÓN DE GAS RETRASO DE BOP @ 45 SEG a=1=0 seg
1 DE ALTA PRESIÓN SUBTOTAL		PROPIUESTA 1 DE 2" 4 DE 2"	166.8	105	242.2		138.5	220	72	305.3	597.3	INCLUSIÓN DE VALVULAS INTERETAPA VENTEO PROGRAMADO Y SECUENCIAL MOD. DE ALTA @ 15 SEG. MOD. DE BAJA @ 90 SEG. RETRASO DE BOP @ 105 SEG. a=1=105 seg FLUJO MÁXIMO INSTANTÁNEO

192

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- ✓ Otra conclusión importante, es que la capacidad de diseño del sistema de desfogue en plataformas de compresión marinas es una función directa del tiempo de sellado del sistema de sellos, del número de etapas o niveles que permitan un venteo programado y secuencial en los módulos de compresión en caso de un paro de emergencia y de la determinación de los flujos máximos instantáneos de venteo, en consecuencia a mayor tiempo de sellado y mayor número de etapas de paro de emergencia, la capacidad de desfogue, dimensiones de equipo y tubería, así como los costos de adquisición y operación del sistema serán menores.
- ✓ Este trabajo de investigación sobre sistemas de desfogue, menciona los fundamentos y criterios de diseño que el ingeniero de proyecto debe conocer, para el diseño adecuado y optimizado de un sistema de seguridad prioritario en la operación de sistemas de compresión y transporte de hidrocarburos gaseosos.
- ✓ La importancia del trabajo de investigación también es aportar información con respecto a los lineamientos y normatividad vigente para optimizar el diseño de sistemas de desfogue en plataformas de compresión costa fuera, dejando al ingeniero de diseño la libertad y criterio con base a su experiencia de utilizar algún software comercial, actualmente disponible para dimensionamiento principalmente de válvulas de relevo de presión, redes de desfogue y quemadores elevados.
- ✓ La aportación más relevante del presente trabajo se encuentra en la aplicación del procedimiento desarrollado en el Capítulo VI y simulador de flujos instantáneos, que permitirán estandarizar diseños de sistemas de desfogue en instalaciones costa fuera apegándose a la normatividad aplicable, desarrollar Ingeniería Básica con calidad que pueda estar sujeta a una certificación externa, reducir horas hombre y costos en la etapa de diseño de Ingeniería, así como fortalecer el desarrollo de una cultura de calidad e innovación a los diseñadores actuales y futuros.
- ✓ Finalmente, como conclusión personal, este trabajo de investigación me permitió enriquecer mis conocimientos en el tema para diseñar con mayor calidad, visualizando con mayor claridad y detalle los aspectos técnicos, normativos, económicos, operativos y de proceso, para una incursión plena en una cultura de calidad y mejora continua, y proponer diseños funcionales que proporcionen mayor flexibilidad operativa, seguridad al personal y a la infraestructura en instalaciones marinas.

BIBLIOGRAFÍA.

- 1) American Petroleum Institute, "Sizing, Selection, and Installation of Pressure-Relieving Devices in Refineries". Part I y II, API-RP-520. Seventh Edition, January 2000.
- 2) Lipták Belá G., "Process Control Instrument Engineers' Handbook", Third Edition, 1995. Chilton Book Company, USA.
- 3) Nisenfeld, A. Eli, "Centrifugal Compressors Principles of Operation and Control", 1982. ISA, USA.
- 4) Solar Turbines, "Sistemas de Turbocompresión/Turbogeneración", Solar Turbines Incorporated. 2000.
- 5) NRF-031-PEMEX-2001, "Sistemas de Desfogues y quemadores en Instalaciones de Pemex Exploración producción", PEMEX, Revisión 0, Noviembre de 2001.
- 6) American Society of Mechanical Engineers, " Vessel Pressure", ASME Sección VIII, Div. 1,
- 7) American Society of Mechanical Engineers, "Gas Transmission and Distribution Piping Systems", ASME B31.8, Edition 1999.
- 8) American Petroleum Institute, "Flanged Steel Pressure Relief Valves", API-STD-526, Fifth Edition, June 2002.
- 9) American Petroleum Institute, "Seat Tightness of Pressure Relief Valves", API-STD-527, Third Edition, July 1991.
- 10) American Petroleum Institute, "Inspection Pressure Relief Devices", API-RP-576, Second Edition, December 2000.
- 11) American Petroleum Institute, "Guide for Pressure-Relieving and Depressuring Systems", API-RP-521, Fourth Edition, March 1997.
- 12) American Society of Mechanical Engineers, "Chemical Plant and Petroleum Refinery Piping", ASME B31.3, April 15, 1999.
- 13) American Society of Mechanical Engineers, "Pipe Flanges and Flanged Fittings", ASME B16.5, October 26, 1998.
- 14) American Society of Mechanical Engineers, "Steel Pipelines Flanges", MSS SP-44, January 01, 1996.
- 15) American Petroleum Institute, "Centrifugal Pumps for Petroleum, Heavy Duty Chemical and Gas Industry Services", API-STD-610, Eight Edition, August 1995.
- 16) NOM-085-ECOL-1994, "Niveles máximos de permisibles de emisión a la atmósfera de partículas por combustión", 11 Noviembre, 1997.
- 17) Leeah, C.J. "Design a safe, in-compliance relief valve"., Hydrocarbon Processing, October 1998.
- 18) Rao Rayavarapu, S.S., "Protect vessel from overpressure"., Hydrocarbon Processing, December 1998.
- 19) Campbell John M., "Gas Conditioning and Processing", Volume 2, Seventh Edition, 1992. Campbell Petroleum Series, USA.
- 20) Ludwig, Ernest E., "Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants.", Vol. 3., Second Edition, May 1984. Gulf Publishing Company, USA.
- 21) American Petroleum Institute, "Centrifugal Compressors for Petroleum, Chemical and Gas Services Industries", API-Standard-617, Sixth Edition, February 1995.

- 22) Fishbach, M. J., "Dry seal applications in centrifugal compressors", Hydrocarbon Processing, October, 1989. Vol. 68., No. 10.
- 23) Walas Stanley M., "Chemical Process Equipment, Selection and Design", 1990. Butterworth-Heinemann, USA.
- 24) Key Bill, "Constraints complicate centrifugal compressor depressurization", Oil and Gas Journal. May 10, 1993. Vol. 91, No. 19.
- 25) Stephen M. Hall, "Size and Design relief Headers", Chemical Engineering Progress, March 1993, Vol. 89, No. 3.
- 26) McKee Robert J., "Simplified Blowdown Calculations" (Part 1), Pipeline & Gas Journal, March 1990, Vol. 217, No. 3.
- 27) McKee Robert J., "Simplified Blowdown Calculations" (Part 2), Pipeline & Gas Journal, April 1990, Vol. 217, No. 4.
- 28) Grote S.H., "Calculating Pressure-Release Times", Chemical Engineering, July 17, 1967.
- 29) Schwartz R.E. and Kodesh Z., "Improve flaring operations", Hydrocarbon Processing, January, 2002, Vol. 81., No. 1.
- 30) American Petroleum Institute, "Lubrication, Shaft-Sealing and Control-Oil Systems and Auxiliares for Petroleum, Chemical and Gas Industry Services", API-Standard-614, Fourth Edition, April 1999.
- 31) Godse A.G., "Understand dry gas seals", Hydrocarbon Processing, February, 2000, Vol. 79., No. 2.
- 32) CENCADE, "Análisis e Interpretación de la Norma ISO 9001:2000".
- 33) Pemex Exploración Producción, P.2.0601.02, "Sistemas Automáticos de Paro de Emergencia", Unidad de Normatividad Técnica, Diciembre de 2000.

GLOSARIO¹.

DIÁMETRO NOMINAL: Es el diámetro exterior especificado de la tubería o como es fabricado.

ESFUERZO DE CEDENCIA MÍNIMO ESPECIFICADO (SMYS): Expresado en libras por pulgada cuadrada, es el mínimo esfuerzo de cedencia establecido por la especificación bajo la cual la tubería es comprada al fabricante.

ESTRANGULAMIENTO: Es el fenómeno que ocurre cuando la velocidad del gas en la punta de un impulsor o cualquier lugar dentro del compresor, alcanza la velocidad sónica. En ese punto, el compresor está en su límite de capacidad.

FLUJO DE CHOQUE: Ocurre cuando un fluido compresible alcanza un flujo máximo a través de un área seccional transversal a velocidad sónica.

FLUJO VOLUMÉTRICO ACTUAL (ACFM): Flujo en pies cúbicos por minuto referido a la proporción de flujo a las condiciones de presión y temperatura de cualquier localización dada.

FLUJO VOLUMÉTRICO: Es una cantidad de flujo de gas a determinadas condiciones de presión y temperatura. Cuando se abrevia MMPCSD, corresponde a millones de pies cúbicos estándar por día a 60 °F y 1 atmósfera (14.696 psia), y por otro lado cuando se indica MMPCD, corresponde a millones de pies cúbicos por día a 20 °C (68 °F) y 1 kg/cm² (14.2 psia).

PRESIÓN DE OPERACIÓN MÁXIMA (MOP): Algunas veces referida como la presión de operación máxima actual, es la presión máxima esperada durante la operación normal del sistema.

PRESIÓN DE OPERACIÓN MÁXIMA PERMISIBLE (MAOP): Es la presión manométrica máxima permisible en el domo de un recipiente completo, en su posición de operación normal a la temperatura coincidente especificada por la presión. Describe la presión máxima en la cual un sistema o recipiente no puede ser operado, se basa en los materiales de construcción, el espesor de pared del recipiente o tubo y en la temperatura de servicio.

RÉGIMEN PERMANENTE: Es el estado o situación de un sistema previamente definido, en el cual las variables de proceso no cambian con respecto al tiempo.

RÉGIMEN TRANSIENTE: Es aquel estado de un sistema previamente definido, en el cual dada una perturbación o manipulación anormal al sistema, las variables de proceso en un determinado periodo cambian con respecto al tiempo.

SURGE EN COMPRESORES: Es una característica inherente del compresor que para cualquier velocidad dada, su funcionamiento llega a ser inestable en la región inferior al flujo mínimo.

VÁLVULA DE RELEVO DE PRESIÓN: Actualmente es el término más genérico aplicable a válvulas de seguridad, válvulas de relevo y válvulas de relevo de seguridad de resorte cargado.

VÁLVULA DE RELEVO DE PRESIÓN OPERADA POR PILOTO: Es una válvula de relevo de presión en la cual el dispositivo de relevo principal o válvula principal esta combinada y controlada por una válvula de relevo de presión auxiliar auto-operada (piloto).

LISTA DE FIGURAS.

No.	DESCRIPCIÓN	Página
2.1.1	Rangos de Operación para diferentes Compresores y Ventiladores.	9
2.2.1	Válvula de Relevo de Presión Convencional.	14
2.2.2	Válvula de Relevo de Presión de Fuelles Balanceados.	16
2.2.3	Válvula Operada por Piloto acción de disparo.	18
2.4.1	Esquema de normatividad aplicable.	21
3.0	Complejo Marino Akal "C". Situación Actual.	29
3.1.1	Plataforma de Perforación PP-AC-1 (1er. Nivel).	32
3.1.2	Plataforma de Perforación PP-AC-1 (2do. Nivel).	33
3.2.1	Plataforma de Enlace E-AC-1 (1er. Nivel).	35
3.3.1	Separación y Rectificación. Plataforma de Producción PB-AC-2.	37
3.3.2	Sección de Bombeo y medición de Crudo. Plataforma de Producción PB-AC-2.	40
3.3.3	Plataforma de Producción PB-AC-2 (1er. Nivel).	41
3.3.4	Plataforma de Producción PB-AC-2 (2do. Nivel).	43
3.4.1	Compresores de Baja Presión. Plataforma de Compresión CA-AC-4.	45
3.4.2	Compresores de Alta Presión. Plataforma de Compresión CA-AC-4.	48
3.4.3	Plataforma de Compresión CA-AC-4 (1er. Nivel).	51
3.4.4	Plataforma de Compresión CA-AC-4 (2do. Nivel).	53
3.4.5	Plataforma de Compresión CA-AC-4 (4to. Nivel).	54
3.5.1	Plataforma de Proceso CA-AC-3 (1er. Nivel).	56
3.5.2	Plataforma de Proceso CA-AC-3 (2do. Nivel).	58
4.3.1	Arreglo General del Compresor Centrífugo.	64
4.3.6.1	Sello de flecha tipo laberinto.	70
4.3.6.2	Sello de flecha mecánico (contacto).	72
4.3.6.3	Sello de flecha anillo restrictivo.	74
4.3.6.4	Sello de flecha película de líquido con casquillo cilíndrico.	75
4.3.6.5	Sello de flecha película de líquido con boquilla de bombeo.	76
4.3.6.6	Sello de gas autoactuado.	78
4.5.1	Esquema de sellos de gas secos en tandem con sello intermedio tipo laberinto.	83
4.9.1	Arreglo de válvulas del compresor centrífugo.	89
6.2.1	Documentación del Sistema de Calidad.	116
6.3.1	Estratos Protectores.	118

7.2.1	Complejo Akal "C", Sistema de Desfogue.	134
7.2.2	Configuración de la red de desfogue de la Plataforma de Compresión CA-AC-4.	138
A.2.1	Esquema del sistema de aceite de sellos, con tanque elevado para equipo con un nivel de presión.	205
A.2.2	Esquema del módulo de aceite de sello al equipo.	207

LISTA DE GRÁFICAS.

No.	DESCRIPCIÓN	Página
8.11.1	Depresurización con Válvulas Interetapa de 2" y 2" de D.N. en 2ª. Y 3ª. Etapa, respectivamente. (Con Datos en Base al DFP).	183
8.14.1	Flujos de Contingencia (Paro Programado Secuencial Módulos de Compresión de Alta).	188

LISTA DE TABLAS.

No.	DESCRIPCIÓN	Página
2.1.1	Sistemas de Control de Capacidad de Compresores.	8
2.5.1	Normatividad y métodos de cálculo de los componentes del sistema de desfogue.	26
5.1	Bases para capacidades de relevo bajo condiciones seleccionadas.	92
5.2.1.1	Presión de ajuste y límites de acumulación para válvulas de relevo de presión.	97
5.6.2.1	Niveles de radiación recomendados para diseño.	106
5.6.2.2	Tiempos de exposición necesarios para alcanzar el umbral del dolor.	107
5.8.3.1	Valores de operación del gas y aire en un sistema de encendido.	112
7.5.2.1	Resultados de la Determinación de la Capacidad de Quemadores del Complejo Akal "C".	143
7.5.3.1	Resultados de la Determinación de la Capacidad de Válvulas de Control a desfogue del Complejo Akal "C".	146
7.5.4.1	Distribución de Flujos de Gas a Quemadores. Flujo Máximo de Quemadores (No. Mach = 0.7).	147

7.5.4.2	Resultados de la Determinación del Rango de Operación de Válvulas de Control a desfogue del Complejo Akal "C". (Configuración Propuesta).	148
7.5.5.1	Capacidad Máxima de Relevo cabezal de desfogue de 18" de D.N.	150
7.5.6.1	Resultados de la Revisión de la Capacidad de los Tanques de Desfogue del Complejo Akal "C".	153
7.6.1	Resultados de la Revisión de las Válvulas de Relevo de Presión, Control y Venteo de los Módulos de Baja Presión de la Plataforma CA-AC-4.	156
7.6.2	Resultados de la Revisión de las Válvulas de Relevo de Presión, Control y Venteo de la Sección de Presión Intermedia de la Plataforma CA-AC-4.	157
7.6.3	Resultados de la Revisión de las Válvulas de Relevo de Presión, Control y Venteo de los Módulos de Alta Presión de la Plataforma CA-AC-4.	158
7.6.4	Resultados de la Revisión de las Válvulas de Relevo de Presión, Control y Venteo del Sistema de Acondicionamiento de Gas Combustible de la Plataforma CA-AC-4.	159
7.6.5	Resultados de la Revisión de las Válvulas de Relevo de Presión, Control y Venteo del Sistema de Condensados de la Plataforma CA-AC-4.	160
7.7.1	Resumen de las Válvulas de Venteo asociadas al proceso y Servicios Auxiliares. (Plataforma de Compresión CA-AC-4).	162
7.8.1	Resultados del Análisis de Cargas al Sistema de Desfogue. Plataforma de Compresión CA-AC-4.	163
7.9.1	Determinación del Tiempo Total de Depresurización de los Módulos de Compresión de Baja Presión con Información de Diseño Original y Corroborar Flujo de Venteo a t=0 seg.	166
7.10.1	Determinación del Tiempo Total de Depresurización de los Módulos de Compresión de Alta Presión con Información de Diseño Original y Corroborar Flujo de Venteo a t=0 seg.	169
7.11.1	Simulación Dinámica, Válvulas Interetapa en Módulos de Alta Presión. 2"½" D.N. en II y III Etapa para Optimizar Flujos de Venteo y Tiempo de Depresurización. (Paro de Emergencia en Módulos de Compresión).	172
8.12.1	Válvulas Interetapa y Paro Simultáneo de los Módulos de Compresión de Alta y Baja Presión, con Retraso del BOP. Desfogue de dos Compresores de Baja y cuatro de Alta.	186
8.13.1	Válvulas Interetapa y Paro Programado Secuencial de los Módulos de Compresión de Alta Presión. Desfogue de dos Compresores de Baja y cuatro de Alta.	186
8.18.1	Resumen de Resultados.	192
A.4.1	Comparación entre los sellos húmedos y sellos secos.	210

ANEXO "A"

ANÁLISIS Y DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA DEPRESURIZACIÓN DEL COMPRESOR.

A. ANÁLISIS Y DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA DEPRESURIZACIÓN DEL COMPRESOR.

En este Anexo se analizan y determinan desde el punto de vista diseño y normatividad cuales son los factores específicos de ambos sistemas de sellado (sellos secos y sellos húmedos), que intervienen directamente con la depresurización del compresor, asociada al sistema de desfogue. Adicionalmente se realiza un pequeño análisis comparativo entre los dos sistemas de sellado para obtener observaciones generales.

A.1 ANÁLISIS Y DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES PRINCIPALES QUE INTERVIENEN EN LA DEPRESURIZACIÓN DEL COMPRESOR CON SISTEMA DE SELLOS SECOS.

Para un sistema de sellado con sellos de gas secos y arreglo tandem, las tuberías que tienen relación directa con el sistema de desfogue y quemador de la instalación son las siguientes:

El venteo primario al sistema de desfogue y quemador, del arreglo de sello tandem contiene principalmente gas de proceso a través del sello interior y una pequeña cantidad de gas buffer o de barrera desde el sello secundario.

El escape desde cada sello primario se regresa al panel de control del sello seco, donde se pasa a través de un orificio de restricción ajustable y un medidor de flujo. Después de eso, se dirige al quemador elevado de la planta para hidrocarburos y aplicaciones riesgosas o a la atmósfera para casos menos severos.

Otras veces, cuando se usa gas combustible como gas de sellos, se reintegra a la corriente de proceso, lado succión del compresor.

Un indicador local diferencial y dos interruptores están conectados a través de cada orificio para alarma por alto escape y disparo. Debe haber flujo a través del orificio, el cual indirectamente indica flujo a través del sello.

Con un incremento en la proporción de flujo a través del quemador, habrá un incremento en la presión corriente arriba del orificio. Este iniciará un disparo si el valor alcanza un límite preajustado. El orificio también ayuda a restringir las pérdidas de gas de proceso al quemador.

El venteo secundario a la atmósfera a un nivel seguro, consiste en su mayor parte del medio de amortiguamiento, tal como nitrógeno en el caso de un sello tandem con un laberinto intermedio y gas buffer inyectado entre el laberinto y sello secundario.

Con un sello tandem con nitrógeno solo en la barrera de separación, se enviará gas de proceso y parte del gas buffer desde la barrera de separación al quemador.

Hasta ahora solamente se han revisado las líneas auxiliares del sistema de sellos de gas secos asociadas con el sistema de desfogue de la instalación, que operan como venteos continuos. Sin embargo, de acuerdo al API-estándar-614, el sistema de sellos de gas secos será diseñado para prevenir la contaminación del sistema de lubricación, evitar las fugas del gas de proceso a la atmósfera en todo el rango de operación de los compresores, incluyendo las operaciones transitorias como el arranque, paro, depresurización, velocidad máxima continua, sobrevelocidad y condiciones inestables del equipo. En consecuencia el sistema de sellado de los extremos de la flecha debe prevalecer inclusive bajo condiciones de operación anormales y aún en el evento de falla completa del sistema de suministro de gas de sello.

Con relación a las líneas de proceso que están interconectadas al sistema de desfogue, son básicamente la línea y válvula de venteo corriente arriba de la válvula check a la descarga del compresor, las cuales están asociadas al sistema de paro por emergencia y fueron tratadas en el capítulo IV, punto 4.9.

En el caso de sistemas de compresión que involucran varias etapas de compresión, también se tienen asociadas al sistema de desfogue y paro por emergencia, las líneas y válvulas de venteo interetapas ubicadas corriente arriba de la válvula check y corriente abajo del enfriador interetapa.

De acuerdo a lo anteriormente analizado se observa que el tiempo en que se lleva a cabo la depresurización del equipo de compresión, es independiente del tipo de sellado de los extremos de la flecha ya sean sellos de gas secos o sellos de película del compresor, y dependiente de las siguientes variables, filosofía de depresurización o lógica de paro por emergencia, tiempo de permanencia del sistema de respaldo de gas para los sellos secos o húmedos, así como de las variables principales que están directamente ligadas al proceso de depresurización como lo son: volumen de gas de proceso atrapado, nivel máximo de presión interna, número y diámetro de las válvulas de venteo y tuberías de depresurización interconectadas al desfogue.

Otra observación lateral, es que para evitar daños al sistema de sellos e infraestructura, así como al personal operativo, el tiempo de depresurización del equipo de compresión en un evento crítico a falla del suministro del gas de sellado, debe ser menor o igual al tiempo de permanencia del sistema respaldo de gas de sellos.

A.2 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE ACEITE DE SELLOS.

Con objeto de mostrar un esquema general de un sistema integral de aceite de sellos y no siendo limitativo, se toma como referencia el API-estándar-614³⁰ y las figuras A.2.1 y A.2.2 las cuales representan un esquema típico de aceite de sellos con un

tanque elevado para equipo con un nivel de presión y modulo de aceite de sellos al compresor centrífugo, respectivamente.

Es conveniente indicar que también se tienen otros arreglos para aceite de sellos, como el sistema de aceite de sello para equipo con más de un nivel de presión, aceite de sellos para equipo con sellos de tipo película, con tanque elevado corriente arriba o abajo de los sellos y para equipo con sellos mecánicos dobles por mencionar solo algunos, los cuales difieren uno del otro y tienen una aplicación particular.

Con base a la figura A.2.1, sistema típico de aceite de sellos con un tanque elevado para equipo con un nivel de presión, se tiene los siguientes módulos y componentes principales;

a). El módulo básico de suministro de aceite a su vez esta integrado por los siguientes submódulos:

*Depósito de aceite; con las conexiones de servicio necesarias para entrada y retorno de aceite, venteo, drene, calentador eléctrico e instrumentación para monitoreo y control de temperatura, monitoreo y control de nivel de aceite.

Con respecto a los criterios del API-estándar-614 ³⁰ para dimensionar el tanque, la capacidad de trabajo entre el nivel de operación mínimo y el nivel de pérdida de succión será suficiente para al menos 5 minutos de flujo normal. Y la capacidad de retención mínima será calculada basada sobre 8 minutos de flujo de aceite normal.

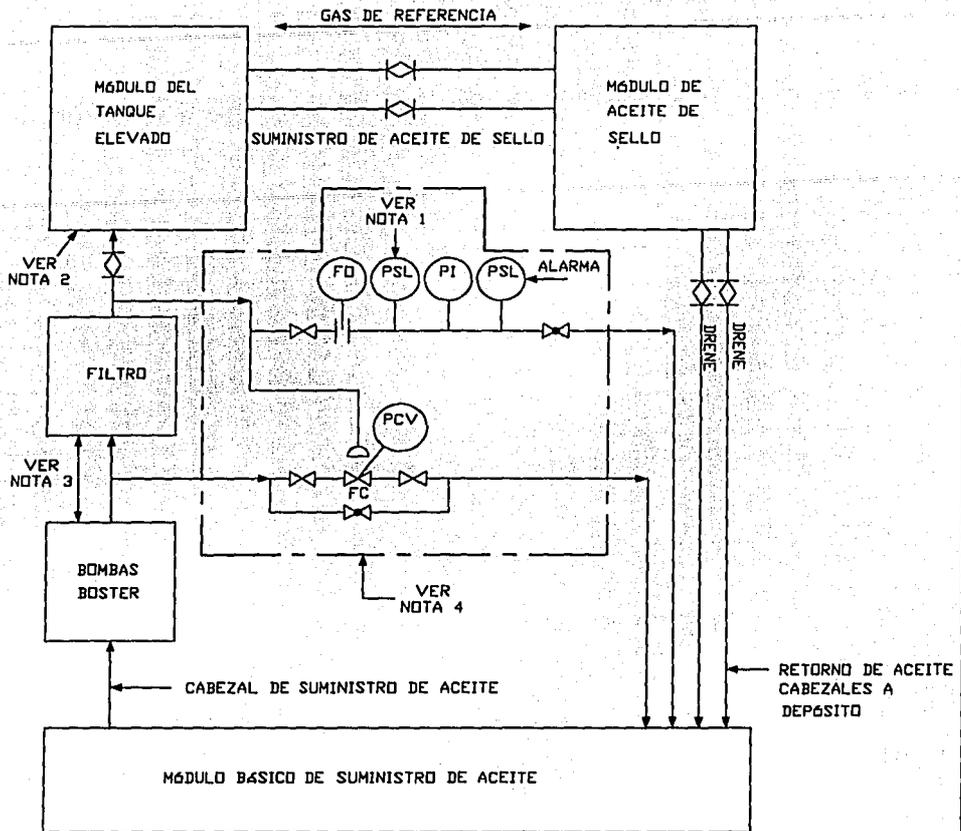
*Bombas principales; las cuales están formadas por tres bombas, una principal, una de reserva y una de emergencia, así como la instrumentación requerida para monitoreo y control de presión en la descarga, y protección por sobrepresión.

La bomba principal y la de reserva deberán ser idénticas y convenientes para operación continua. En lo que respecta a la bomba de emergencia, ésta será especificada para permitir un paro seguro sin daño al equipo cuando se presente el evento de que ambas bombas la principal y la de reserva fallen.

Cada bomba tendrá la capacidad de suministrar el flujo de aceite normal requerido por el equipo más el 20% del flujo de aceite normal o 40 l/min (10 gal/min), lo que sea mayor.

*Enfriadores y filtros; enfriadores gemelos serán provistos con un arreglo de tuberías en paralelo, usando una válvula de transfer de flujo continuo.

En el caso de instalación costa fuera, se manejan enfriadores del tipo intercambiadores de calor enfriados por aire, provistos con dos ventiladores. Cada enfriador mantendrá el suministro de la temperatura de aceite debajo de 50 °C (120 °F). Cuando sea especificada la válvula de control de temperatura será una válvula de tres puertos operada con termostato.



NOTAS:

- 1.- Interruptor para arrancar la bomba booster en standby.
- 2.- El módulo del tanque elevado puede estar corriente arriba o corriente abajo del módulo de aceite de sello.
- 3.- Las bombas booster y filtro son omitidas si el sistema básico de suministro de aceite es especificado para proporcionar la presión requerida.
- 4.- La válvula de control de presión, interruptores e indicador de presión pueden ser eliminados si los sellos del equipo utilizan el flujo total de aceite de las bombas (por ejemplo, para propósitos de enfriamiento).

Figura A.2.1 Esquema del sistema de aceite de sellos, con tanque elevado para equipo con un nivel de presión.

Se tendrán filtros de flujo total con elementos reemplazables, los filtros proporcionaran una eficiencia de remoción de partícula de 90% para partículas de 10 micrones y un mínimo de 99.5% para partículas de 15 micrones.

Los filtros estarán localizados corriente abajo de los enfriadores, con un arreglo de tubería en paralelo usando una válvula de transfer de flujo continuo. La caída de presión para los elementos filtrantes limpios o cartuchos no excederá 5 psig a una temperatura de operación de 40 °C (120 °F).

b). Los módulos de bombas booster y filtro, en la figura A.2.1 serán omitidos si el sistema de suministro de aceite básico se especifica para proporcionar la presión requerida.

c). El módulo del tanque elevado; montado en forma separada o montado sobre el equipo, los tanques elevados estarán provistos cuando estos son requeridos por los diseños del sistema de sellos y sistema de control de aceite de sellos.

Cada tanque elevado de aceite de sello será dimensionado para que la capacidad de aceite entre la alarma de alto nivel y la alarma por bajo nivel sea igual a 2 minutos del flujo con la proporción de aceite de sello normal, y cada tanque tendrá la capacidad para 10 minutos de flujo desde la alarma por bajo nivel al paro por muy bajo nivel, más el tiempo suficiente (como se especifico por el comprador, pero no menos de 3 minutos a la proporción de flujo normal después del paro) para marcha por inercia, bloqueo y depresurización del equipo.

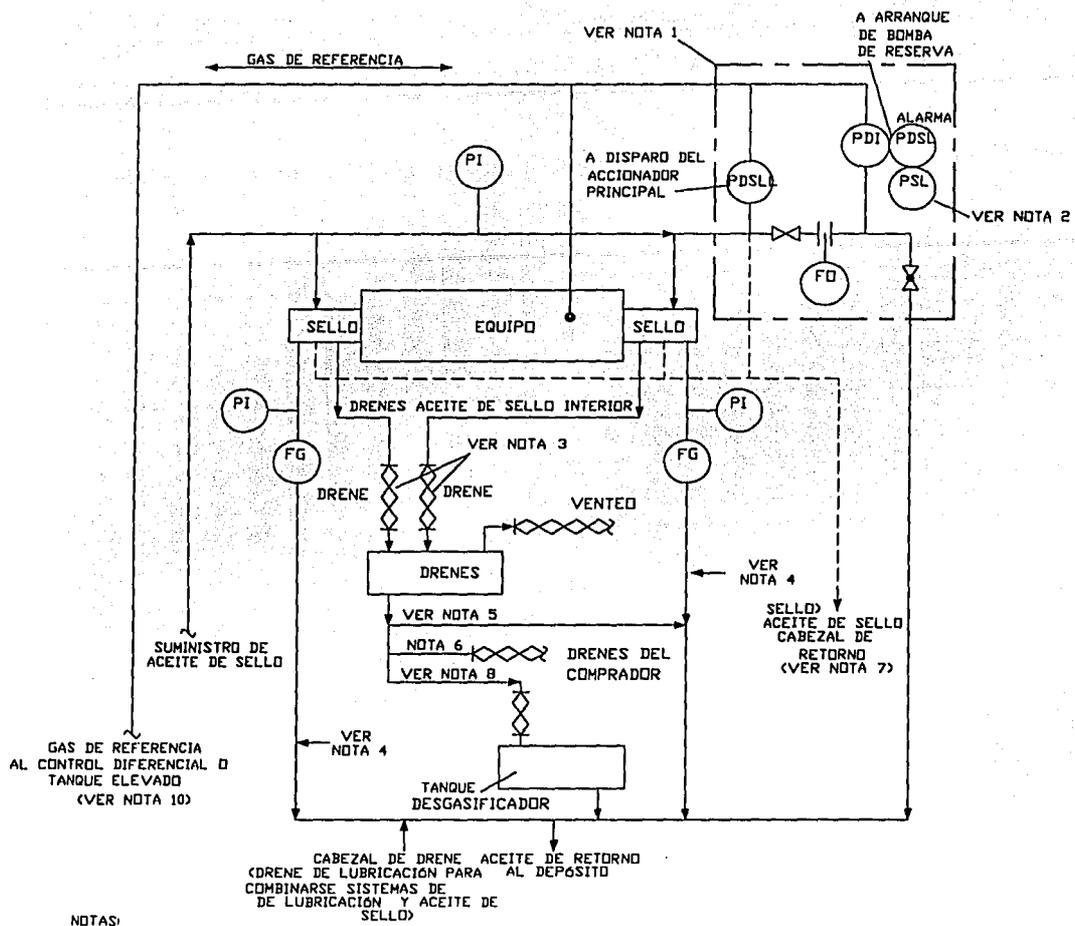
Tanques más grandes pueden requerirse para condiciones de operación especial, tal como una rápida depresurización del equipo de alta presión. La columna de vapor arriba del ajuste de la alarma por alto nivel no será menor que 1 minuto de flujo normal.

d). Con base a la figura A.2.2, el módulo de aceite de sellos, formado principalmente por el cabezal de suministro de aceite de sellos a los extremos de la flecha del compresor, las líneas de drenado del sello interior, así como los siguientes submódulos;

*Las trampas de drene del sello interior, las cuales separan y envían los gases al venteo o el quemador y el aceite al desgasificador.

*Recipiente desgasificador, permitirá liberar el gas de proceso a una disposición adecuada (venteo) y el aceite lo retornará al depósito inicial para cerrar el ciclo en este sistema de sellado.

Por último, se indica brevemente como mínimo las condiciones de este tipo de sistema de sellado que requieren alarmas y paros:



NOTAS:

- 1.- Los componentes indicados son onitidos si ellos son suministrados separadamente sobre el tanque elevado.
- 2.- El switch de baja presión no se requiere si el módulo es suministrado con un circuito regulador de contrapresión.
- 3.- Esta tubería es suministrada por el vendedor, cuando los drenajes están montados sobre la placa base del compresor.
- 4.- Sistema de aceite de sello y lubricación combinados, la salida del drenaje del sello puede ser combinada con el drenaje del aceite de lubricación en el interior del compresor.
- 5.- Drene al depósito.
- 6.- Drene a los denajes del comprador.
- 7.- Alternativa punto de monitoreo aceite de sello, los puntos de indicación están referidos a un cabezal de presión controlada, ya sea corriente arriba o corriente abajo de los sellos, como sea acordado por el comprador y el vendedor.
- 8.- Drene al tanque desgasificador.
- 9.- Esta tubería es suministrada por el vendedor, si el desgasificador esta montado sobre la placa base del compresor suministrado por el vendedor.
- 10.- Cada válvula de control de presión diferencial de acción directa debera estar referenciada para sensor la presión del fluido de trabajo actuando con el sello correspondiente.

Figura A.2.2 Esquema del módulo de aceite de sello al equipo.

- Alarma de baja presión de aceite de control.
- Alarma por alta temperatura de aceite que sale del enfriador.
- Alarma por bajo nivel para cada depósito de aceite.
- Alarma y paro por bajo nivel de cada tanque elevado de aceite de sello o baja presión diferencial de aceite de sello por cada nivel de aceite de sello.
- Alarma por alto nivel para cada tanque de sello elevado.
- Señal de bomba trabajando para cada bomba de reserva y bomba de emergencia.
- Alarma por alta presión diferencial para cada filtro de aceite fijo.
- Señal fuera de operación de bomba de aceite.

A.3 ANÁLISIS Y DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES PRINCIPALES QUE INTERVIENEN EN LA DEPRESURIZACIÓN DEL COMPRESOR CON SISTEMA DE SELLOS HUMEDOS.

Para el caso de los sellos de flecha mecánicos y de película de líquido, también llamados sellos húmedos, analizados en el capítulo IV punto 4.3.6, los cuales requieren el respaldo de un sistema de aceite de sellos, las tuberías principales que tienen interconexión con el sistema de desfogue y quemador de la instalación o con el venteo a una localización segura son las siguientes:

Del submódulo de trampas de drene del sello interior, los gases separados se envían a través de una línea al sistema de desfogue.

Con respecto al submódulo del recipiente desgasificador, el cual tendrá una conexión de gas a venteo sobredimensionada para manejar el flujo de gas desde los sellos a través de los drenes de aceite. El venteo de gas será enviado a una localización segura.

En este punto se han revisado las líneas auxiliares del sistema de aceite de sellos asociadas con el sistema de desfogue de la instalación, que operan como venteos continuos.

Con relación a las líneas de proceso que están interconectadas al sistema de desfogue, son en forma similar las asociadas al sistema de paro por emergencia que fueron tratadas en el punto 4.9 del capítulo IV. Y en el caso de sistemas de compresión que involucran varias etapas de compresión las referidas en el punto A.1.

En forma similar, de acuerdo al API-estándar-614 el sistema de aceite de sello será diseñado para cubrir el rango completo de condiciones de operación especificadas. Estas condiciones pueden incluir pero no estar limitadas a las siguientes; presiones fuera de las establecidas, prueba en taller y corridas en campo, condiciones de arranque, paro y depresurización del compresor, de tal forma que en cualquier condición se deberá proteger la integridad del equipo.

En adición a los requerimientos antes indicados, el sistema de aceite de sellos será diseñado para operar en forma segura antes del proceso de arranque del equipo o cualquier otra condición especificada, con el sistema en control automático y con el compresor a presión atmosférica.

De acuerdo a lo anteriormente analizado, desde el punto de vista diseño y normatividad se concluye que en la operación de depresurización del compresor, el sistema de sellado ya sea seco o húmedo debe ser mantenido para garantizar la integridad del equipo.

Se confirma que unas de las restricciones relevantes son; la lógica de paro y depresurización en forma integral, así como el tiempo de permanencia del sello y las variables dependientes principales intrínsecamente ligadas al proceso de depresurización como son: volumen de gas de proceso entrampado, nivel máximo de presión interna, cantidad y diámetro de las líneas de depresurización.

Una observación lateral, es que para evitar daños a este tipo de sistema de sellos e infraestructura, así como al personal operativo, el tiempo de depresurización del equipo de compresión después del paro por falla de las bombas del sistema de aceite de sellos, no será mayor de 3 minutos, debido a que este tiempo corresponde al volumen desalojado por gravedad del aceite de sello desde el nivel bajo de paro, hasta el fondo del tanque elevado, para mantener el sellado.

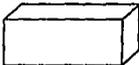
A.4 ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS SISTEMAS DE SELLOS DE LA UNIDAD DE COMPRESIÓN.

A continuación se mencionan comparativamente algunos aspectos técnicos relevantes entre los dos tipos de sistemas de sellado de las unidades de compresión:

Para la mayoría de las aplicaciones de compresión de gas, el sistema de sello de gas tiene ventajas significativas sobre la tecnología de sellado convencional (sellos húmedos). Una revisión de las características genéricas de los sistemas de sello con sus sistemas soporte asociados revelan diferencias significativas.

En la tabla A.4.1 se muestran algunos aspectos técnicos comparativos entre los sellos de aceite húmedos y sellos de gas secos.

Tabla A.4.1 Comparación entre los sellos húmedos y sellos secos.²²

No.	Descripción	Sellos de aceite húmedos	Sellos de gas secos
1	Componentes del sistema de soporte de aceite de sellos	Bombas, recipientes, filtros, trampas, enfriadores o soloaires y consola	Filtros y válvulas de control.
2	Consumo de aceite de sello	4 a 50 gal/día	No requiere aceite para el sello
3	Costo de mantenimiento	Un mayor gasto sobre la vida del equipo	Despreciable, filtros/control
4	Costo de energía (HP parásita)	Accionador del sello: 4 a 20 HP Bombas de aceite 20 a 100 HP	0.3 a 2.5 HP Ninguna
5	Escape de gas de proceso	Gas entrampado: 5 SCFM Escape de gas: 10 SCFM	Ninguna 1/2 a 5 SCFM
6	Contaminación de aceite	De tuberías: alto costo de limpieza De proceso: envenenamiento del catalizador	Ninguno
7	Aplicaciones tóxicas y corrosivas	Consumo de gas buffer (N ₂) 10 a 25 SCFM	1 a 5 SCFM
8	Paros no programados	Algunos	Pocos
9	Arranques abortados	Ocasional	Raro
10	Resultado costo neto global	Mayor 	Menor 

En principio, el sello y sistemas de soporte son completamente diferentes. El sello de película de líquido requiere un suministro de líquido (usualmente aceite mineral), gas de separación y sistema de retorno que pueden costar 100,000 a 300,000 dólares solos.

Adicionalmente, el costo de operación y mantenimiento del sistema soporte es significativamente mayor que el suministro de nitrógeno u otro gas buffer.

Los accionadores de las bombas de aceite y soloaires consumen más potencia, así como el sistema entero requiere mantenimiento constante. Los elementos filtrantes deben ser cambiados, los tubos de los soloaires limpiados, los sellos de las bombas reemplazados, etc.

En contraste, el costo del sistema de soporte de gas de sellos 50,000 a 100,000 dólares para la mayoría de las aplicaciones. El sistema soporte solo tiene un par de válvulas de control junto con algunos interruptores y manómetros para mantenerse en comparación con el sistema de aceite.

Los elementos filtrantes, también deben ser cambiados pero son menos caros. El costo de servicios del poco flujo de nitrógeno u otro gas buffer es usualmente mucho más bajo que el costo de potencial para operar bombas y suministrar agua de enfriamiento en caso de que se utilice un enfriador con agua.

En segundo lugar, las pérdidas de potencia parásita son también diferentes y a favor del gas de sello. El aceite de sellos no solo requiere la potencia para accionar las bombas, también la potencia para accionar el sello. Esto puede variar de 4 a 20 HP por sello, dependiendo de la aplicación.

Accionando un sello de gas se estima que requiere un 10% o menos de la potencia para un servicio similar con aceite de sello.

Finalmente, las características operativas del sello de gas también favorecen su uso, el potencial de impacto de los sellos sobre la dinámica del rotor favorece distintamente el sello de gas en comparación con el sello líquido.

Como conclusión, en la comparación global de los dos sistemas de sello se favorece distintamente el uso de sellos de gas secos donde estos sean aplicables, una de las razones principales es que los costos de operación y mantenimiento son bajos para los sellos de gas en la mayoría de las aplicaciones del proceso de compresión.

Otros aspectos importantes, que se toman en consideración en el caso de instalaciones costa fuera, son el área requerida para la instalación de los componentes y equipos del sistema soporte de los sellos y el peso en operación de los mismos, los que sin duda siguen favoreciendo a los sellos de gas secos por ser mínimos.

Con base a lo anterior, los sellos de gas secos serán la tecnología seleccionada para la mayoría de los nuevos compresores centrífugos.

ANEXO "B"
BASES DE DISEÑO
PROBLEMA DE APLICACIÓN

B. BASES DE DISEÑO DEL PROBLEMA DE APLICACIÓN.

En este Anexo se incluye la información mínima necesaria desde el punto de vista técnico que se toma como referencia para desarrollar y diseñar el problema de aplicación ingenieril, el cual se aborda con profundidad en el capítulo VII.

B.1. ANTECEDENTES.

El Complejo Marino Akal "C", fue diseñado para separar el gas y aceite de la mezcla de crudo pesado del campo Cantarell, mediante tres baterías de separación, ubicadas en cada una de las Plataformas de Producción, PB-AC-1, PB-AC-2 y PB-AC-3. Inicialmente las baterías arrancaron operando a una presión de 7 kg/cm² (man.) en la primera etapa de separación y a 3 kg/cm² (man.) en la segunda etapa.

En 1991 con las nuevas filosofías de operación contempladas para el campo Cantarell, se planteó reducir las presiones de operación en los separadores remotos localizados en Plataformas Satélites de Perforación y en las baterías de separación de las Plataformas de Producción con el fin de reducir las contrapresiones a los pozos para mantener y/o aumentar los ritmos de producción.

Actualmente, en las Plataformas de Producción del Complejo se opera a una presión de 2.4 a 3.0 kg/cm² en el separador de primera etapa y de 0.4 a 0.7 en el de segunda etapa. Esto originó en el Complejo Akal "C", la revisión de todos los sistemas de procesamiento, para operarlos dentro de límites de seguridad y eficiencia.

B.1.1 FUNCIÓN DE LOS SISTEMAS DE DESFOGUE.

El sistema de desfogue es un servicio auxiliar, que tiene como función principal disponer en forma segura los gases relevados, debidos a un incremento en la presión de operación de los equipos o sobrepresión, más allá de las presiones normales de operación, brindando seguridad a las instalaciones y al personal.

B.1.2 TIPO DE PROCESO.

Es un proceso intermitente, mediante el cual los gases relevados en una operación anormal a través de las válvulas controladoras de presión, válvulas de relevo de presión y válvulas de venteo, de las Plataformas de Producción y Compresión, se recolectan en un cabezal de desfogue, pasando posteriormente a un tanque de desfogue donde se recuperan los condensados que se producen y los líquidos arrastrados, con la finalidad de enviar la corriente de gas al quemador elevado, libre de líquidos. Y estos líquidos recuperados se envían al separador de segunda etapa de la batería de producción y/o sistema de drenajes presurizados.

B.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE DESFOGUE.

Ver punto 7.2 en el Capítulo VII.

B.2.1 COMPLEJO MARINO AKAL "C".

Ver punto 7.2.1 en el Capítulo VII.

B.2.2 PLATAFORMA DE COMPRESIÓN CA-AC-4.

Ver punto 7.2.2 en el Capítulo VII.

B.3 PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS.

B.3.1 ESPECIFICACIÓN DE LAS CORRIENTES DE ALIMENTACIÓN A LA PLATAFORMA DE COMPRESIÓN CA-AC-4.

COMPONENTE (%mol)	GAS DE BAJA PRESIÓN CABEZAL GENERAL DEL COMPLEJO	GAS DE PRESIÓN INTERMEDIA	GAS COMBUSTIBLE DEL COMPLEJO
Origen:	CA-AC-1	GAS DE BAJA PRESION + CA-AC-1	CA-AC-1
Agua	1.79	1.79	0.05
Ácido Sulfhídrico	1.04	1.04	0.00
Bióxido de Carbono	1.95	1.95	0.08
Nitrógeno	0.30	0.30	0.00
Metano	62.30	62.30	97.13
Etano	17.53	17.53	2.69
Propano	6.06	6.06	0.04
i-Butano	0.85	0.85	0.00
n-Butano	2.82	2.82	0.01
i-Pentano	0.83	0.83	-----
n-Pentano	0.82	0.82	-----
n-Hexano	2.39	2.39	-----
n-Heptano	0.88	0.88	-----
n-Octano	0.32	0.32	-----
n-Nonano	0.12	0.12	-----
Total	100.00	100.00	100.00
Flujo Total (kg-mol/hr)	10959.6	14489.9	1992.3

COMPONENTE (%mol)	GAS DE BAJA PRESIÓN CABEZAL GENERAL DEL COMPLEJO	GAS DE PRESIÓN INTERMEDIA	GAS COMBUSTIBLE DEL COMPLEJO
Flujo másico (lb/hr)	636461.1	836941.3	72283.2
Flujo estándar (MMPCSD)	220.05	290.51	40.00
PM	26.34	26.34	16.46
Densidad relativa @ aire	0.91	0.91	0.57
Viscosidad (cp)			
Factor Z	0.987	0.974	
Presión, (kg/cm ²) (abs.)	3.04	6.03	80.15
Temperatura, (°C)	48.9	48.9	20.0

B.3.2 ESPECIFICACIÓN DE LOS PRODUCTOS DE LA PLATAFORMA DE COMPRESIÓN CA-AC-4.

COMPONENTE (%mol)	GAS DE ALTA PRESIÓN A CABEZAL GENERAL DEL COMPLEJO	CONDENSADOS DE COMPRESIÓN DE 1ª Y 2ª ETAPA	AGUA ACEITOSA
Destino:	CA-AC-1/CA-AC-2/CA-AC-3	A SISTEMA DE CONDENSADOS DE ALTA PRESIÓN	A SISTEMA DE AGUA ACEITE
Agua	0.21	0.13	99.97
Ácido Sulhídrico	1.08	0.49	0.02
Bióxido de Carbono	2.06	0.31	0.01
Nitrógeno	0.32	0.00	0.00
Metano	66.26	3.55	0.00
Etano	18.28	6.69	0.00
Propano	6.06	7.27	0.00
i-Butano	0.79	2.14	0.00
n-Butano	2.53	9.19	0.00
i-Pentano	0.63	5.15	0.00
n-Pentano	0.58	6.07	0.00
n-Hexano	1.03	32.65	0.00
n-Heptano	0.15	17.04	0.00
n-Octano	0.02	6.97	
n-Nonano	0.00	2.35	
Total	100.00	100.00	100.00

COMPONENTE (%mol)	GAS DE ALTA PRESIÓN A CABEZAL GENERAL DEL COMPLEJO	CONDENSADOS DE COMPRESIÓN DE 1ª Y 2ª ETAPA	AGUA ACEITOSA
Flujo Total (kg-mol/hr)	13509.5	565.1	202.9
Flujo másico (lb/hr)	716505.9		
Flujo estándar (MMPCSD)	271.17	295.76 (GPM)	15.87 (GPM)
PM	24.07	76.99	18.02
Densidad relativa @ aire	0.83	-----	-----
Viscosidad (cp)			
Factor Z	0.877	-----	-----
Presión, (kg/cm ²) (abs.)	76.66	66.28	13.55
Temperatura, (°C)	48.8	49.4	46.4

B.4 CONDICIONES DE OPERACIÓN.

A continuación se resumen las condiciones de operación del manejo de gas de baja y alta presión en la Plataforma de Compresión CA-AC-4, de acuerdo a los diagramas de flujo de proceso, figuras 3.4.1 y 3.4.2 del Capítulo III.

DESCRIPCIÓN	GAS DE BAJA. PRESIÓN		GAS DE ALTA PRESIÓN			
	SUCCIÓN	DESCARGA	SUCCIÓN	1ª ETAPA	2ª ETAPA	3ª ETAPA
CONDICIÓN						
No. CORRIENTE	2	9	12	18A	24A	30A
FLUJO (MMPCSD)	220.05	216.89	290.51	70.38	68.54	67.79
PRESIÓN (kg/cm ²) abs.	3.04	8.81	6.03	14.54	32.80	76.66
TEMPERATURA °C	48.9	48.7	48.9	48.9	48.9	48.8
OBSERVACIÓN	TOTAL CON 2 MODULOS		TOTAL CON 4 MODULOS	POR CADA MODULO DE ALTA Las condiciones de operación corresponden corriente arriba de la check		

B.5 LOCALIZACIÓN DE PLATAFORMAS Y TRÍPODES DE QUEMADORES.

COORDENADAS DE LOCALIZACIÓN DE PLATAFORMAS

PLATAFORMA	COORDENADAS				PROFUNDIDAD (METROS)
	UTM		GEOGRAFICAS		
	X	Y	Lat. N	Long. W	
PB-AC-1	600,818	2145,175	19°23'58"	92°02'23"	45
PP-AC-1	600,825	2145,120	19°23'56"	92°02'23"	45
PE-AC-1	600,820	2145,040	19°23'54"	92°02'23"	45
PB-AC-2	600,836	2144,947	19°23'50"	92°02'23"	45
PB-AC-3	600,835	2144,858	19°23'48"	92°03'23"	45
CA-AC-1	600,837	2144,756	19°23'44"	92°02'23"	45
PH-AC-1	600,900	2144,947	19°23'50"	92°02'23"	45

COORDENADAS DE LOS TRÍPODES DE QUEMADORES.

PLATAFORMA	COORDENADAS				PROFUNDIDAD (METROS)
	UTM		GEOGRAFICAS		
	X	Y	Lat. N	Long. W	
PB-AC-1	600,715	2145,229	19°24'00"	92°02'27"	45
PB-AC-2	600,613	2144,923	19°23'50"	92°02'51"	45
PB-AC-3	600,608	2144,836	19°23'47"	92°02'31"	45
CA-AC-1	600,598	2144,718	19°23'43"	92°02'31"	45

B.6 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS EQUIPOS PRINCIPALES, QUEMADORES ELEVADOS Y TANQUES DE DESFOGUE.

No. QUEMADOR	TIPO ALTA/BAJA PRESIÓN	PLATAFORMA	DIAMETRO (pulgadas)	ALTURA (m)	DISTANCIA A LA PLATAFORMA (m)	TANQUE DE DESFOGUE DIAM. X LONG. (mm x mm)
1	B.P.	PB-AC-1	16"	18	100	1,544 X 4,800
2	A.P.	PB-AC-1	16"	18	100	2,134 X 6,600
3	B.P.	PB-AC-2	16"	55	185	1,544 X 4,480
4	A.P.	PB-AC-2	30"	50	185	2,438 X 7,315
5	B.P.	PB-AC-3	16"	53	200	1,544 X 4,480
6	A.P.	PB-AC-3	24"	53	200	2,438 X 7,315
7	A.P.	CA-AC-1	36"	30	213.36	3,048 X 7,620
	B.P.					3,048 X 7,620
----	A.P.	CA-AC-4	----	----	----	1,829 X 4,572
NOTA	A.P.	CA-AC-2 CA-AC-3	54"		305	3,505 X 16,160

Nota: El quemador y tanque de desfogue de las Plataformas CA-AC-2/CA-AC-3 esta en etapa de construcción-instalación para operación futura.

B.7 CONDICIONES CLIMÁTICAS.

TEMPERATURA AMBIENTE

Máxima	40 °C
Promedio Normal	33 °C
Mínima Extrema:	12 °C
Promedio del Mes más Caliente	38 °C

HUMEDAD RELATIVA

Máxima	100 %
Mínima	43 %

PRECIPITACIÓN PLUVIAL.

Máxima	88 mm/hr
--------	----------

TIPO DE AMBIENTE

Ambiente marino Corrosivo.

VIENTOS.

Dirección:

Dominantes:

Reinantes:

Velocidad Media:

Velocidad Máxima:

N-S

NE-SO; E-O; SE-NO

30 Km/hr

240 Km/hr

ATMÓSFERA.

Presión Atmosférica

760 mmHg

B.8 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL EQUIPO DE COMPRESIÓN EN LA PLATAFORMA DE COMPRESIÓN CA-AC-4.

El tipo de compresor de gas utilizado se considera el modelo C505U, diseñado para aplicaciones con turbinas Mars 90 y Mars 100. Estos compresores combinan alta eficiencia y amplio rango de flujo con un diseño robusto y fácil restablecimiento. Las potencias de salida nominal para los modelos Mars 90 y 100 son 13,000 y 15,000 HP, respectivamente, con una velocidad máxima de 9,500 RPM.

B.9 INFORMACIÓN DE REFERENCIA.

No.	DESCRIPCIÓN	PLANO No.
1	DFP Compresores de Baja Presión	5260-1500-F101
2	DFP Compresores de Alta Presión	5260-1500-F105
3	DFP Gas Combustible y Sistema de gas buffer	5260-1500-F110
4	DFP Combustible corriente arriba/Sistema de gas buffer	5260-1500-F111
5	DFP Sistema de Condensados de Alta Presión	5260-1500-F114
6	DTI Compresor de Baja Presión	5260-1500-F001
7	DTI Compresor de Baja Presión	5260-1500-F002
8	DTI Compresor de Alta Presión	5260-1500-F011
9	DTI Compresor de Alta Presión	5260-1500-F012
10	DTI Compresor de Alta Presión	5260-1500-F013
11	DTI Paquete de Gas Combustible Corriente Arriba	5260-1500-F017
12	DTI Separador de Baja Presión	5260-1500-F018
13	DTI Separador de Presión Intermedia	5260-1500-F019
14	DTI Separador de Desfogue	5260-1500-F020
15	DTI Separador de Condensados	5260-1500-F021
16	DTI Arreglo de la estación de Venteo	5260-1500-F023
17	DTI Distribución de Gas Combustible	5260-1500-F029
18	DTI Tratamiento de Gas Combustible/Filtración	5260-1500-F031

No.	DESCRIPCIÓN	PLANO No.
19	DTI Tratamiento de Gas Combustible/Filtración	5260-1500-F032
20	DTI Tratamiento de Gas Combustible/Filtración	5260-1500-F033
21	DFP Manejo de Gas de Proceso BOP	5260-1500-F035
22	DTI Tubería de Interconexión	5260-1500-F036
23	DTI Bombas de Condensados	5260-1500-F042
24	DTI Flujo de Venteo	5260-1500-F047
25	PLG Arreglo General de Equipo Primer Nivel	5260-1500-M002
26	PLG Arreglo General de Equipo Segundo Nivel	5260-1500-M003
27	PLG Arreglo General de Equipo Módulo Enfriadores	5260-1500-M004
28	Hoja de Datos de Válvulas de Relevo	

ANEXO "C"

PAQUETE DE INGENIERÍA BÁSICA:

- *DIAGRAMA DE SIMBOLOGÍA
- *PLANO DE LOCALIZACIÓN GENERAL DE EQUIPO
- *DIAGRAMAS DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN
- *HOJAS DE DATOS DE EQUIPOS Y VÁLVULAS
- *INDICE DE SERVICIO
- *LISTA DE LÍNEAS

FA-4251
TANQUE SEPARADOR
DE DESLIEQUE
D=14 1829 mm L=11'4" 4572 mm
NOTA 4)

GA-4253 / 4254
BOMBA RECUPERADORA
DE CONDENSADOS
Q=40 GPM L=1'4" 4061 mm
NOTA 4)

FA-4261
TANQUE DE DESLIEQUE
D=14 3200 mm L=11'4" 4061 mm
NOTA 4)

GA-4261/R
BOMBA DE CONDENSADOS
Q=40 GPM L=1'4" 4061 mm
NOTA 4)

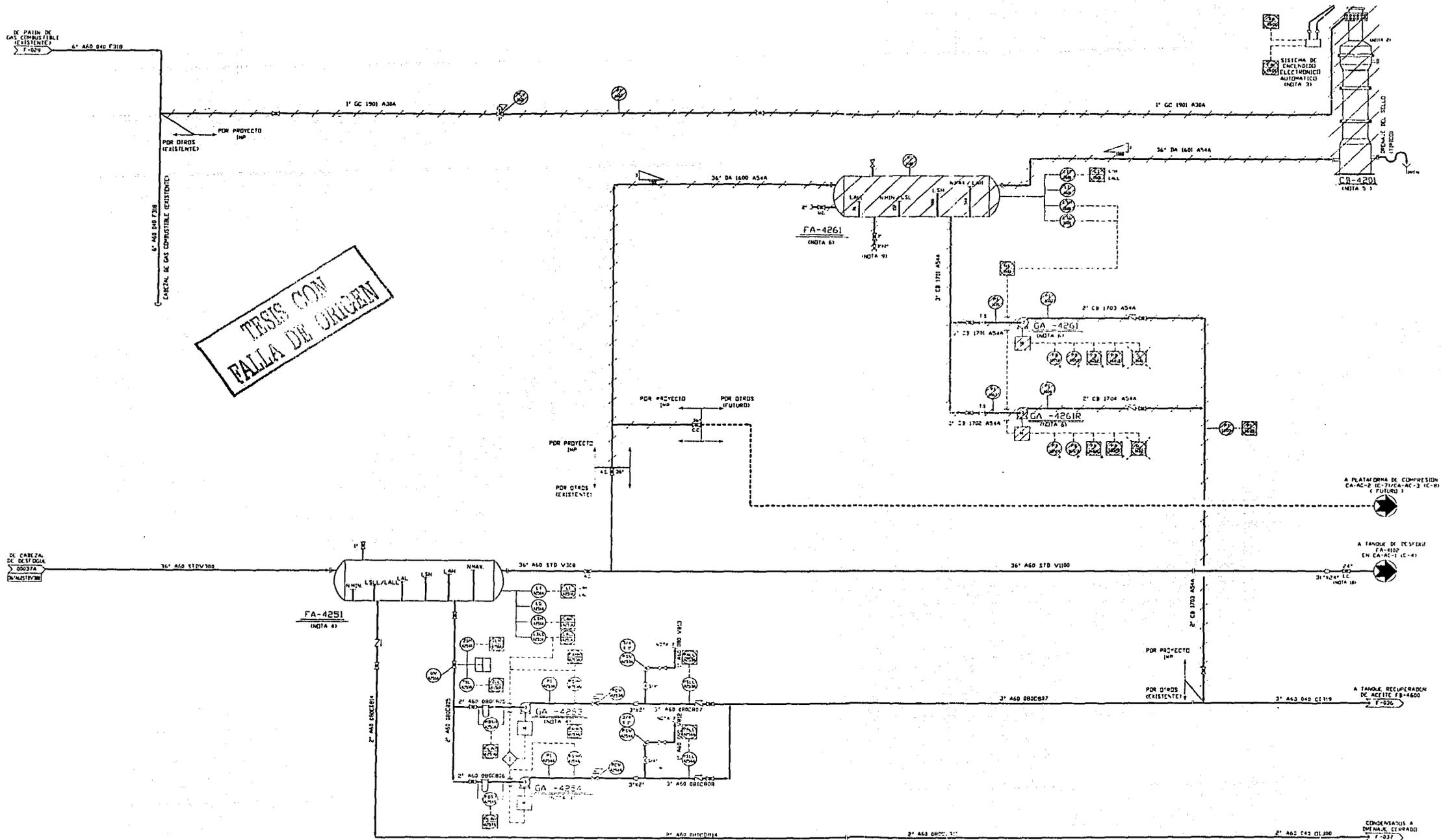
CB-4201
QUEMADOR ELEVADO
D=914 mm L=2'3"
114300 mm 11378 F=3
CAP. MAX. 161922.219146 MMPCSD
NOTA 3)

NOTAS

- 1- PARA NOTAS GENERALES, DIRIJASE DE REFERENCIA CUIDADOSAMENTE A LOS PLANOS DE TUBERIA Y SIMBOLOS DE INSTRUMENTACION VER DIB. NO. E-1705-0000.
- 2- EL QUEMADOR DEBE CONTAR CON SELLO FUERTE DEL QUE EVITE EL REVERSO DE LA FLAMA.
- 3- EL SISTEMA DE ENCENDIDO ELECTRONICO DEBEN CONTAR CON DISPOSITIVOS PARA IGNICION AUTOMATICA DEL QUEMADOR Y EL PANEL DE CONTROL ESTARA LOCALIZADO JUNTO AL CUARTO DE CONTROL EN EL PRIMER NIVEL DE LA PLATAFORMA CA-AC-4.
- 4- EQUIPO EXISTENTE, ADMINISTRADO POR LA COMPAÑIA "SEKAM TURBINE", LOCALIZADO EN EL PRIMER NIVEL DE LA PLATAFORMA CA-AC-4.
- 5- QUEMADOR ELLEVADO NUEVO TIPO, TONDA LOCALIZADO EN EL TERCER NIVEL DEL QUEMADOR, EL CUAL SERA ADMINISTRADO POR A.P.
- 6- EQUIPO NUEVO LOCALIZADO EN CUARTO INTERMEDIO.
- 7- ESTAS LINEAS SE INTERSECTAN AL CARRIL DE DESLIEQUE 36" AGO STD V300 (VER DIB. E-0374).
- 8- EQUIPO, TUBERIA E INSTRUMENTACION AMPARADO POR EL PROYECTO, PARA OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE DESLIEQUE Y QUEMADOR.
- 9- GERACION DE MANGERA PARA DRENADO DE CONDENSADOS A TORNILLOS.
- 10- REDUCCION Y VALVULA LOCALIZADA EN LA PLATAFORMA DE CONTROL CA-AC-1.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



NO.	DESCRIPCION	FECHA	PROYECTISTA	REVISOR	APROBADO

FACULTAD DE QUIMICA

PEMEX
EXPLORACION Y PRODUCCION
REGION MARICANAL

AUTORIZADO	FECHA	LUGAR	OTROS

FACULTAD DE QUÍMICA

HOJA 1 DE 4

PLANTA	PLATAFORMA DE COMPRESIÓN CA-AC-4	REV.	0				
LOCALIZACION	SONDA DE CAMPECHE, MEXICO	FECHA.	18/OCT/02				
CONTRATO No.	E.1725	POR.	FJLG				
REQ.		APR.	FJLG				
CLAVE	CB4-201	VERIF.	FJLG				
No. DE UNIDADES	1 (UNA)						

HOJA DE DATOS DE PROCESO QUEMADOR ELEVADO

DESCRIPCION		
1.0 DATOS DEL FLUIDO		
1.1	TIPO DE FLUIDO	GAS AMARGO
1.2	FLUJO DE GAS, MMSCFD MAX/NOR/MIN	597.3 / 350 /167--(NOTA 1)
1.3	CALOR DE COMBUSTION, BTU/SCF	1303.50
1.4	Cp/Cv MAX/NOR	1.2472/-----
1.5	PESO MOLECULAR	24.07
1.6	TEMPERATURA DEL FLUIDO, °F MAX/NOR	120/-----
2.0 CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS		
2.1	VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO PROM., FT/SEG	27.34 (VIENTOS REINANTES)
2.2	RADIACION SOLAR, BTU/HR/FT ²	250-330
2.3	HUMEDAD, % RELATIVA MAX./MIN.	100/43
2.4	RUIDO AMBIENTAL, dB	-----
2.5	TEMPERATURA, MAX./MIN. PROMEDIO, °F	104/54
2.6	DIRECCION DE LOS VIENTOS REINANTES	NE-SO, E-O, SE-NO
2.7	DIRECCION DE LOS VIENTOS DOMINANTES	N-S
2.8	PRESION ATMOSFERICA, PSIA	14.7
2.9	ZONA SISMICA	-----
2.10	COEFICIENTE SISMICO	-----
3.0 CARACTERISTICAS GENERALES DEL QUEMADOR		
3.1	CLAVE DEL QUEMADOR	CB-4201
3.2	No. DE UNIDADES	1 (UNA)
3.3	SISTEMA DE QUEMADO	VERTICAL ELEVADO
3.4	DIAM. DE BOQUILLA DEL QUEMADOR, PULGS.	36"
3.5	ALTURA TOTAL DEL QUEMADOR, FT/MT	137.8/42
3.6	MAX. INTENSIDAD DE RADIACION TERMICA AL PIE DE LA BASE DEL QUEMADOR BAJO CONDICION DE MAXIMA CARGA, BTU/Hr-FT ²	3000.0
3.7	NIVEL DE RUIDO AL PIE DE LA BASE DEL QUEMADOR A COND. NOR./MAX, dB	90/110 (NOTA 6)
3.8	PRESION NOR. A LA ENTRADA DEL QUEMADOR, PSIG	7.1
3.9	TIPO	TORRE (NOTA 2)
3.10	ANILLO DE RETENCION DE FLAMA	POR PROVEEDOR
3.11	DEFLECTOR DE VIENTO	POR PROVEEDOR
3.12	PILOTOS	POR PROVEEDOR
3.13	SELLO DE GAS	REQUERIDO
3.14	PLATAFORMAS, ESCALERAS, ANCLAS Y SILLETAS	POR PROVEEDOR
3.15	SISTEMA DE IGNICION	ELECTRONICO
3.16	SISTEMA DE DETECCION DE FLAMA	TERMOPAR
3.17	TABLERO DE CONTROL	REQUERIDO

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

225

HDCB4201OPT

FACULTAD DE QUÍMICA

HOJA 2 DE 4

PLANTA	PLATAFORMA DE COMPRESIÓN CA-AC-4	REV.	0		
LOCALIZACIÓN	SONDA DE CAMPECHE, MEXICO.	FECHA.	18/OCT/02		
CONTRATO No.	E.1725	POR.	FJLG		
REQ.		APR.	FJLG		
CLAVE	CB4-221	VERIF.	FJLG		
No. DE UNIDADES	1 (UNA)				

HOJA DE DATOS DE PROCESO QUEMADOR ELEVADO

4.0 BOQUILLA DEL QUEMADOR	
4.1 TIPO DE BOQUILLA	DE SERVICIO (UTILITY)
4.2 DESCRIPCION	POR PROVEEDOR
4.3 NUMERO DE QUEMADORES	POR PROVEEDOR
4.4 LONGITUD DE LA BOQUILLA, FT	POR PROVEEDOR
4.5 DIAMETRO NOMINAL DE LA BOQUILLA, PULGS.	36"
4.6 DIAMETRO INTERIOR DE BOQUILLA	POR PROVEEDOR
4.7 ESPECIFICACION DE MATERIAL	ACERO INOXIDABLE 310
4.8 ESPESOR DE PARED, PULGS.	POR PROVEEDOR
4.9 ΔP EN BOQUILLA, MAXIMA DESCARGA	POR PROVEEDOR
4.10 VELOCIDAD DE SALIDA DE GAS A MAX. COND. DE DESCARGA, FT/SEG.	913.5/640.47/---
4.11 NUMERO DE MACH A LA SALIDA MAX./NOR.	0.7649/0.5241/---
5.0 ANILLO DE RETENCION DE FLAMA	
5.1 TIPO	POR PROVEEDOR
5.2 ESPECIFICACION DE MATERIAL	ASTM B-409
5.3 FORMA DE SUJECION	POR PROVEEDOR
6.0 DEFLECTOR DE VIENTO	
6.1 TIPO	POR PROVEEDOR
6.2 ESPECIFICACION DE MATERIAL	ACERO INOXIDABLE 309
6.3 FORMA DE SUJECION	POR PROVEEDOR
7.0 PILOTOS	
7.1 TIPO	CHISPA DIRECTA
7.2 CANTIDAD	3 (TRES)
7.3 ESPECIFICACION DE MATERIAL BOQUILLA	ACERO INOXIDABLE 310
7.4 ESPECIFICACION DE MATERIAL CUERPO	ACERO INOXIDABLE 309
7.5 FORMA DE SUJECION	POR PROVEEDOR
8.0 SELLO DE GAS	
8.1 TIPO	FLUIDICO
8.2 DIAMETRO	POR PROVEEDOR
8.3 LONGITUD DEL SELLO	POR PROVEEDOR
8.4 ESPECIFICACION DE MATERIAL DEL CUERPO	ACERO INOXIDABLE 310
8.5 ESPESOR DE PARED	POR PROVEEDOR
8.6 BRIDAS DE ACOPLAMIENTO AL QUEMADOR, DIAM.	POR PROVEEDOR
8.7 BRIDAS DE ACOPLAMIENTO A LA CHIMENEA, DIAM.	POR PROVEEDOR
8.8 ESPECIFICACION DE MATERIAL DE LOS INTERNOS	ACERO INOXIDABLE 309
8.9 TIPO DE INTERNOS	POR PROVEEDOR
8.10 ΔP EN EL SELLO, MAXIMA DESCARGA	POR PROVEEDOR

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

226

HDCB4201OPT

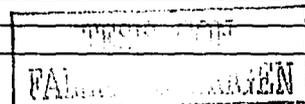
FACULTAD DE QUÍMICA

HOJA 3 DE 4

PLANTA	PLATAFORMA DE COMPRESIÓN CA-AC-4	REV.	0			
LOCALIZACION	SONDA DE CAMPECHE, MEXICO.	FECHA.	18/OCT/02			
CONTRATO No.	E.1705	POR.	FJLG			
REQ.		APR.	FJLG			
CLAVE	CB4-201	VERIF.	FJLG			
No. DE UNIDADES	1 (UNA)					

HOJA DE DATOS DE PROCESO QUEMADOR ELEVADO

9.0 CHIMENEA		
9.1	LONGITUD DEL CILINDRO, FT	POR PROVEEDOR
9.2	DIAMETRO EN LA BASE, PULGS.	POR PROVEEDOR
9.3	DIAMETRO EN LA PUNTA, PULGS.	POR PROVEEDOR
9.4	ESPECIFICACION DE MATERIAL DEL CILINDRO	ACERO AL CARBON A-285 GR. C
9.5	ESPESOR DE LA PARED, PULG.	POR PROVEEDOR
9.6	SOBREESPESOR POR CORROSION, PULG.	1/8
9.7	SOPORTE	TORRE
9.8	ESPECIF. MATERIAL PLATAFORMAS Y ESCALERAS GALV.	ASTM-A36
9.9	ΔP POR CHIMENEA A MAXIMA DESCARGA	POR PROVEEDOR
9.10	CONEXIONES DE GAS AMARGO	
	ENTRADA	POR PROVEEDOR
	SALIDA	POR PROVEEDOR
	REGISTRO DE VISITA (CON BRIDA CIEGA)	POR PROVEEDOR
10.0 SISTEMA DE IGNICION		
10.1	TIPO	ELECTRONICO
10.2	METODO DE ENCENDIDO	PILOTO CON REIGNICION AUTOMATICA
10.3	FORMA DE ACCIONAMIENTO	OPERACION AUTOMATICA/MANUAL
10.4	TENSION DE ALIMENTACION	110 VCA, 1 FASE, 60HZ
10.5	CLASIFICACION DEL TABLERO DE CONTROL	NEMA 7
10.6	DIMENSIONES: LARGO/ANCHO/ALTURA, FT	POR PROVEEDOR
10.7	ESPECIFICACION DE MATERIAL	ACERO INOXIDABLE 316
11.0 SISTEMA DE DETECCION DE FLAMA		
11.1	No. DE TERMOPARES	POR PROVEEDOR
11.2	TIPO DE TERMOPARES	CROMEL-ALUMEL
11.3	ESPESOR DE TERMOPARES	1/8"
11.4	LONGITUD DEL FORRO DE TERMOPARES	POR PROVEEDOR
11.5	MATERIAL DEL FORRO DEL TERMOPAR	ASTM B-167
11.6	MATERIAL DEL CABLE DE TERMOCOPLES	CROMEL-ALUMEL
11.7	CALIBRE	POR PROVEEDOR
12.0 TUBERIAS AUXILIARES		
12.1	GAS DE PURGA	POR PROVEEDOR
12.2	GAS DE PILOTO	POR PROVEEDOR
12.3	CONDUIT PARA CABLE DE TERMOPARES	REQUERIDO (NOTA 3)



227

FACULTAD DE QUÍMICA

HOJA 4 DE 4

PLANTA	PLATAFORMA DE COMPRESIÓN CA-AC-4	REV.	0				
LOCALIZACION	SONDA DE CAMPECHE, MEXICO.	FECHA.	18/OCT/02				
CONTRATO No.	E.1705	POR.	FJLG				
REQ.		APR.	FJLG				
CLAVE	CB4-201	VERIF.	FJLG				
No. DE UNIDADES	1 (UNA)						

HOJA DE DATOS DE PROCESO QUEMADOR ELEVADO

NOTAS:

- 1.- 597.3 MMSCFD FLUJO MAXIMO INSTANTANEO DE CONTINGENCIA CONSIDERADO LA DEPRESURIZACION DE LA PLATAFORMA DE COMPRESIÓN (305.3 MMPCSD DE VENTEO MAS EL DESVIÓ DE 292 MMPCSD DE GAS DE ALIMENTACIÓN), DESPUÉS DE 105 SEGUNDOS DE HABERSE INICIADO EL PARO DE EMERGENCIA (SPE PARO PROGRAMADO SECUENCIAL) DE LOS MÓDULOS DE COMPRESIÓN DE ALTA PRESIÓN. EL FLUJO NORMAL DE 350 MMPCSD CORRESPONDE A LA DESCARGA BLOQUEADA DE 4 COMPRESORES DE ALTA PRESIÓN. EL FLUJO MÍNIMO DE 167 MMPCSD CORRESPONDE AL FLUJO INSTANTANEO AL TIEMPO t=0 SEGUNDOS CUANDO SE INICIA EL SPE.
- 2.- QUEMADOR ELEVADO TIPO TORRE. SIN HUMO, BAJA RADIACION, PARA MANEJAR CORRIENTES DE GAS AMARGO.
- 3.- DEL TABLERO DE CONTROL HASTA LA BASE DEL QUEMADOR SERA CONDUIT DE ALUMINIO LIBRE DE COBRE Y A LOS PILOTOS DEL QUEMADOR DEBE EMPLEARSE MATERIAL RESISTENTE.
- 4.- EL PROVEEDOR DEBE PROPORCIONAR LOS MATERIALES DEL QUEMADOR Y LOS ACCESORIOS ADECUADOS PARA EL SERVICIO.
- 5.- EL PROVEEDOR DEBE PROPORCIONAR TODA LA INSTRUMENTACION REQUERIDA PARA EL ADECUADO FUNCIONAMIENTO DEL QUEMADOR ELEVADO (CB-4201).
- 6.- A CONDICIONES MAXIMAS EVALUADOS A UNA DISTANCIA EQUIVALENTE A LA DISTANCIA LÍMITE PREVISTA POR SEGURIDAD EN EFECTO DE RADIACIÓN.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

228

HDCB4201OPT

FACULTAD DE QUÍMICA

PLANTA: "PLATAFORMA DE COMPRESIÓN CA-AC-4"	CONTRATO No.: E.1705	HOJA: 1	DE 1
LOCALIZACIÓN: SONDA DE CAMPECHE, MEXICO	REQUISICION No.:	FECHA: 18/NOV/2002	
CLAVE: GA-4261/R	HECHA POR: FJLG	APROBADA POR: FJLG	
No. DE UNIDADES: DOS (2) (NOTA 1)			

BOMBAS CENTRIFUGAS

SERVICIO: BOMBA DE CONDENSADOS			
EN USO CONTINUO		UNA (1)	ACCIONADOR ELECTRICO
DE RELEVO		UNA (1)	ACCIONADOR ELECTRICO
FABRICANTE BOMBA			
TAMAÑO Y TIPO		POR FAB. HORIZONTAL	
CONDICIONES DE OPERACION			
LIQUIDO	CONDENSADOS	GPM. a T.B. NORM.	60 DIS. 60
		P. DESCARGA Kg/cm ² man	6.97
TEMP. BOMBEO (T.B.) °C	-8/30 (NOTA 2)	P. SUCCION Kg/cm ² man MAX.	1.61 MIN. 1.61
DENS. REL. (Sp. Gr.) a T.B.	0.668	P. DIF. Kg/cm ²	5.36
P. VAPOR a T.B. Kg/cm ² ABS.	2.44	COLUMNA DIF. m.	80.37
VISCOSIDAD a T.B. cp.	0.336	NPSH DISP. a P.T. m.	3.01
CORR./ERO. CAUSADA POR	H.S. CO.	POTENCIA HIDRAULICA	2.67
CONSTRUCCION Y MATERIALES			
CARCAZA- MONTAJE- (EJE) (BASE) (MENSULA) (VERTICAL)		AGUA ENFRIAMIENTO PARA:	
-TAPA (AXIAL) (RADIAL)		BALEROS	
-TIPO (VOLUTA SIMPLE) (DOBLE VOLUTA) (DIFUSOR)		ESTOPERO	
-BARRENOS ROSCADOS (VENTEO) (DRENE.) (MOSOMETRO)		PEDESTAL	
BOQUILLAS		DIAM.	CLASIF. ASA
SUCCION		CARA	POSICION
DESCARGA			
IMPULSOR TIPO	DIAM. DISEÑO	MAX.	ENFRIAMIENTO EMPAQUE
BALEROS No.	RADIAL	AXIAL	
COPLI Y GUARDA EMPAQUE	PLACA DE BASE		AGUA DE SELLO
SELLO MECANICO	CODIGO	FABR.	TUBERIA AUXILIAR
CLAVE DE LOS MATERIALES		CARCAZA	
MATERIALES		MATERIAL	
PARTES INTERNAS			
I.- FIERRO FUNDIDO	IMPULSOR	PRUEBAS DE TALLER	NECESARIO CON TESTIGOS
II.- BRONCE	INTERIORES (CARCAZA)		
S.- ACERO	CAMISA (EMPACADA)		
C.- (11-13%) CROMO	CAMISA (DE SELLO)		
A.- ALEACION	PARTES DESGASTABLES		
h.- ENDURECIDO	FLECHA	HIDROSTATICA	Kg/cm ² man
f.- PULIDO		P. DE OP. MAX. PERM	Kg/cm ²
X.-		PESOS: BOMBA	BASE
		MOTOR	TURBINA
MOTOR POR.		TURBINA POR.	
DATOS FINALES DEL FABRICANTE			
CLAVE	MONTADA POR:	CLAVE	MONTADA POR:
HP	RPM. CORAZA	HP	RPM. MAT
MARCA		MARCA	TIPO
TIPO	AISSLAM.	VAPOR ENT.	kg/cm ² man.
ENVOLT.	°C	ESCAPE	kg/cm ² man
VOLTS/FASES/CICLOS		CONSUMO DE VAPOR	kg/BHP/H
BALEROS		BALEROS	LUBR.
AMP PLENA CARGA		BOQUILLAS	DIAM. CLASIF. ASA CARA POSIC
FACTOR DE SERVICIO:		ENTRADA	
		SALIDA	
3.- LA INFORMACIÓN FALTANTE DEL DISEÑO MECÁNICO DEBERÁ SER COMPLEMENTADA POR EL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA.			
REGIDA POR CODIGO API 610 SI NO SE ESTABLECE OTRA COSA.			
NOTAS:			
1.- LOS EQUIPOS SE LOCALIZARAN EN UN TRIPODE INTERMEDIO APROXIMADAMENTE A 90.452 METROS DE LA PLATAFORMA DE COMPRESIÓN CA-AC-4.			
2.- TEMPERATURA CORRESPONDIENTE AL EVENTO DE DESFOGUE Y MAXIMA AMBIENTAL RESPECTIVAMENTE.			
REVISION	0		
FECHA	18/OCT/2002		
DEP. SIST.	FJLG		
DEP. MEC.			

HDGA4261OPT

230

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

EDICIÓN: 18-10-2002, REV. 0	FACULTAD DE QUÍMICA TUBERÍA DE PROCESO Y SERVICIOS AUXILIARES CLASIFICACIÓN DE MATERIALES POR SERVICIO	ESPECIFICACIÓN No.
	REQUISITOS ESPECÍFICOS DEL PROYECTO	TUBERÍAS-202
		HOJA 1 DE 1

E.02 ÍNDICE DE SERVICIOS	CONTRATO: E.1705
	PLATAFORMA DE COMPRESIÓN CA-AC-4, SONDA DE CAMPECHE, GOLFO DE MÉXICO. <u>COMPLEJO AKAL-C</u>

SERVICIO	TEMP. MAX. OPERACIÓN. (°F)		PRESIÓN MAX. OPERACIÓN. (PSIG)		MATERIAL TUBERÍA
	LÍQUIDO	LV VAPOR (GAS)	LÍQUIDO	LV VAPOR (GAS)	

CLASE A30A					
GAS COMBUSTIBLE (GC)		67		223	150 # R.F. AC AL CARBON T.C = 0.0625" ASTM A-106 GR-B S/C DE 1/2" A 16" API 5L GR. B "DSAW" DE 18" A 36" (1)
CLASE A54A					
CONDENSADOS DE BAJA PRESIÓN (CB)	20		99		150 # R.F. ACERO AL CARBÓN T.C. = 0.125" ASTM A-106 GR. B S/C DE 1/2" A 16" API 5L GR. B "DSAW" DE 18" A 36" (1,2)
DESFOGUE DE ALTA (DA)		100		33	

NOTAS:
1.- CODIGO DE DISEÑO "PROCESS PIPING ASME B31.3, 1999 EDITION".
2.- ESTA CLASE SE USA PARA CONDICIONES DE SERVICIO AMARGO, QUE NO CAUSA "SSC" DE ACUERDO AL ESTANDAR NACE MR-01-75, ULTIMA EDICION.

**TESIS CON
FALTA DE ORIGEN**

232

R E V	CLAVE				RUTA		PRESION		Kg/cm ² (MAN)		TEMPERATURA °C			MEDIO DE PRUEBA (LÍQUIDO O GAS)	DENSIDAD (G/CM ³)	LINEA CRITICA	DIAGRAMA DE FLUJO No.	OBSERVACIONES	TIPO DE AISLAM	CLAVE DE AISLAM	CAPA DE AISLAMIENTO		CLAVE DE ACABADO
	ON	SERV.	NUMERO	ESP.	DESDE	HASTA	DIS*	VAR*	MAX	MIN	DIS°	VAR°	LIM								INST.	EXT.	
	36°	DA	1600	A54A	36° A60 STD V308 CABEZAL DE DESFOGUE A QUEMADOR (EXISTENTE)	TANQUE DE DESFOGUE (FA-4261)	2.3			2.5	37.8/8.0			G	V		00037B	DE PLATAFORMA DE COMPRESION C-6, HASTA TRIPODE INTERMEDIO					
	36°	DA	1601	A54A	TANQUE DE DESFOGUE (FA-4261)	QUEMADOR ELEVADO (CB-4201)	2.3			2.5	37.8/8.0			G	V		00037B	DE TRIPODE INTERMEDIO, HASTA TRIPODE DE QUEMADOR					
	3°	CB	1701	A54A	TANQUE DE DESFOGUE (FA-4261)	BOMBA DE CONDENSADOS (GA-4261)	1.6			2.4	30.0			L	0.67		00037B	EN TRIPODE INTERMEDIO					
	3°	CB	1702	A54A	3° CB 1701 A54A	BOMBA DE CONDENSADOS (GA-4261R)	1.6			2.4	30.0			L	0.67		00037B	EN TRIPODE INTERMEDIO					
	2°	CB	1703	A54A	BOMBA DE CONDENSADOS (GA-4261)	3° A60 040 CD 319 CABEZAL DE CONDENSADOS DE BAJA PRESION (EXISTENTE)	7.0			10.4	30.0			L	0.67		00037B	DE TRIPODE INTERMEDIO, HASTA PLATAFORMA DE COMPRESION C-6					
	2°	CB	1704	A54A	BOMBA DE CONDENSADOS (GA-4261R)	2° CB 1703 A54A	7.0			10.4	30.0			L	0.67		00037B	EN TRIPODE INTERMEDIO					
	1°	GC	1901	A30A	6° A60 040 F318 CABEZAL DE GAS COMBUSTIBLE (EXISTENTE)	PILOTOS DE QUEMADOR ELEVADO (CB-4201)	15.7			17.2	20.0			G	V		00037B	DE PLATAFORMA DE COMPRESION C-6, HASTA TRIPODE DE QUEMADOR					
	6°	DA	1710	A54A	UV-4217A (2° D.N.)	16° A60 STD V451	2.3			2.6	37.8			G	V		00037A	LINEA ADICIONAL					
	6°	DA	1711	A54A	UV-4217B (2° D.N.)	16° A60 STD V551	2.3			2.6	37.8			G	V		00037A	LINEA ADICIONAL					
	6°	DA	1712	A54A	UV-4217C (2° D.N.)	16° A60 STD V651	2.3			2.6	37.8			G	V		00037A	LINEA ADICIONAL					
	6°	DA	1713	A54A	UV-4217D (2° D.N.)	16° A60 STD V751	2.3			2.6	37.8			G	V		00037A	LINEA ADICIONAL					
	DIA.	MAT.	CED	NUM.														ESP. LINEA POR FAB					
	6°	A60	040	474	UV-4219AC (2°)	16° A60 STD V451	2.3			2.6	37.8			G	V		00037A	CAMBIO DE DIAMETRO					
	6°	A60	040	574	UV-4219BC (2°)	16° A60 STD V551	2.3			2.6	37.8			G	V		00037A	CAMBIO DE DIAMETRO					
	6°	A60	040	674	UV-4219CC (2°)	16° A60 STD V651	2.3			2.6	37.8			G	V		00037A	CAMBIO DE DIAMETRO					
	6°	A60	040	774	UV-4219DC (2°)	16° A60 STD V751	2.3			2.6	37.8			G	V		00037A	CAMBIO DE DIAMETRO					
	6°	A60	040	V117A	UV-4206AC (3°)	16° A60 STD V126A	2.0			2.2	37.8			G	V		00037A	CAMBIO DE DIAMETRO					
	6°	A60	040	V117B	UV-4206BC (3°)	16° A60 STD V126B	2.0			2.2	37.8			G	V		00037A	CAMBIO DE DIAMETRO					
	24°	A60	STD	V323	PV-4222E (16°)	36° A60 STD V300	1.9			2.1	37.8			G	V		00037A	CAMBIO DE DIAMETRO					
	25°	A60	STD	V324	PV-4222F (16°)	36° A60 STD V300	1.9			2.1	37.8			G	V		00037A	CAMBIO DE DIAMETRO					
	24°	A60	STD	V325	PV-4219AH (6°)	36° A60 STD V300	1.9			2.1	37.8			G	V		00037A	CAMBIO DE DIAMETRO					

NOTA LA COLUMNA "2" INDICA EL DIAMETRO MAYOR EN LA LINEA, SIN INDICAR LAS VARIACIONES DE DIAMETRO QUE TENGA ESA LINEA.
SIGNIFICA TEMPERATURA MAXIMA DE LA LINEA CON VAPOR O MEDIO SECO

VAR* SIGNIFICA EL INCREMENTO EN LA PRESION Y TEMPERATURA DE OPERACION
"A" SIGNIFICA QUE EL INCREMENTO EN LA CONDICION DE OPERACION NO PASA DE 10 Hn. CONTINUAS EN ALGUNA OCASION Y EL TOTAL NO MAS DE 100 Hn. POR AÑO
"B" SIGNIFICA QUE EL INCREMENTO EN LA CONDICION DE OPERACION NO PASA DE 50 Hn. CONTINUAS EN ALGUNA OCASION Y EL TOTAL NO MAS DE 500 Hn. POR AÑO

DIS* POR PRESION Y TEMPERATURA DE DISEÑO SE ENTIENDE LA PRESION Y LA TEMPERATURA MAXIMA DE OPERACION NOMINAL

EJEMPLO
DIS* VAR*
400 1100B

LINEAS CRITICAS ENVIAR PARA SU ANALISIS A

INCREMENTO DE PESOS

ANALISIS DE FLUJOS

LEYENDA DE AISLAMIENTO

H T CONSERVACION DE CALOR
O C VENA DE VAPOR
E PROTECCION ESTABLE
PROTECCION A CONGELAM

F A S PROTECC. AL PERSON
CONTRA BUBOR
PROTECC. CONTRA OXIDACION ESPECIAL

E COLECCION ELECTRICA



FACULTAD DE QUIMICA

LISTA DE LINEAS

PROYECTO: PLATAFORMA DE COMPRESION CA-AC-1 Sonda de Campeche, Golfo de México.

CONTRATO: E 1705

SECCION: DESFOGUE, CONDENSADOS DE BAJA Y GAS COMBUSTIBLE

PRESENTE: 10 1

233

TESIS CON FALLA DE ORIGEN