

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA



“DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DE 94 VÁLVULAS DE ALIVIO DE PRESIÓN DE LA PLANTA DSM MARINE LIPIDS PERÚ S.A.C. EN PIURA”

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO

CARLOS JOEL GARCÍA CABALLERO

Callao, 2021

PERÚ

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Carlos Joel García Caballero".

BACH. CARLOS JOEL GARCÍA CABALLERO

DNI: 46690713

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Pablo Mamani Calla".

MSC. ING. PABLO MAMANI CALLA

CIP 32638

(Resolución N° 063-2021-C.F. del 14 de abril de 2021)

LIBRO 001 FOLIO N° 076 ACTA N° 047 DE EXPOSICIÓN DE INFORME DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO

Siendo las 13:52 horas, del día 17 de julio del 2021 en el Aula Virtual (google meet), <https://meet.google.com/ftc-bvra-wuh>, de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía de la Universidad Nacional del Callao, se reunieron los miembros del Jurado de Exposición de los Informes Finales de Trabajo de Suficiencia Profesional del II Ciclo Taller para Titulación por Modalidad de Informe de Trabajo de Suficiencia Profesional conformado por los siguientes docentes:

➤ PRESIDENTE	:	Dr. José Hugo Tezén Campos
➤ SECRETARIO	:	Ing. Lucio Carlos Lozano Ricci
➤ VOCAL	:	Mg. Juan Guillermo Mancco Pérez
➤ SUPLENTE	:	Mg. Esteban Antonio Gutierrez Hervias

Designados por Resolución de Consejo de Facultad N° 066-2021-CF-FIME de fecha 15.07.2021, a fin de proceder al acto de evaluación del Informe titulado **"DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DE 94 VÁLVULAS DE ALIVIO DE PRESIÓN DE LA PLANTA DSM MARINE LIPIDS PERÚ S.A.C. EN PIURA"**, presentado por el Señor Bachiller **GARCIA CABALLERO CARLOS JOEL**.

Así mismo, contando con la presencia de Dr. AUGUSTO CARO ANCHAY (Supervisor General), Mg. TEODOMIRO SANTOS FLORES (Supervisor de la FIME), y el ING. JOSÉ LUIS HUMBERTO URRUTIA TICONA, Miembro de la Comisión de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía (Representante de la Comisión de Grados y Títulos).

A continuación, se dio inicio a la exposición del II Ciclo Taller de Titulación de Informe de Trabajo de Suficiencia Profesional 2021 de acuerdo a lo normado en los numerales del 10.1 al 10.4 del capítulo X de la Directiva para la Titulación Profesional por la modalidad de Informe de Trabajo de Suficiencia Profesional en la Universidad Nacional del Callao, aprobada por Resolución Rectoral N° 754-2013-R del 21 de agosto de 2013, modificada por la Resolución Rectoral N° 777-2013-R de fecha 29 de Agosto de 2013 y la Resolución Rectoral N° 281-2014-R del 14 de Abril de 2014 con la que se modifica el Art. 4.5 del capítulo IV de la organización del Ciclo Taller de Informe de Trabajo de Suficiencia Profesional, así como lo normado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional del Callao, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 245-2018-CU de fecha 30 de octubre de 2018.

Culminado el acto de sustentación, los señores miembros del Jurado de Sustentación Procedieron a formular las preguntas al indicado bachiller.

Luego de un acuerdo de intermedio, para la deliberación en privado del Jurado respecto a la evaluación del Informe de Trabajo de Suficiencia Profesional, este jurado ACORDÓ: CALIFICAR el Informe de Trabajo de Suficiencia Profesional, expuesto por el señor bachiller **GARCIA CABALLERO CARLOS JOEL**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecánico** por la modalidad de Informe de Trabajo de Suficiencia Profesional según la puntuación cuantitativa y cualitativa que a continuación se indica:

CALIFICACIÓN CUANTITATIVA	CALIFICACIÓN CUALITATIVA
15	BUENO

Con lo que se da por concluido el acto, siendo las **14:16hrs** del día **17 de Julio** del **2021**.

En señal de conformidad con lo actuado, firman la presente acta.

Se dio por cerrada la Sesión a las **14:18 horas** del día **17 de julio** del **2021**.

Dr. José Hugo Tezén Campos
Presidente de Jurado

Mg. Juan Guillermo Mancco Pérez
Vocal

Ing. Lucio Carlos Lozano Ricci
Secretario de Jurado

Mg. Esteban Antonio Gutierrez Hervias
Suplente

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y DE ENERGÍA
Jurado Evaluador en las Exposiciones de los Informes de Trabajo de Suficiencia
Profesional

I N F O R M E

Visto el *Informe de Trabajo de Suficiencia Profesional* titulado “DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DE 94 VÁLVULAS DE ALIVIO DE PRESIÓN DE LA PLANTA DSM MARINE LIPIDS PERÚ S.A.C. EN PIURA”, presentado por el(la) **Bachiller de Ingeniería Mecánica GARCÍA CABALLERO, Carlos Joel.**

A QUIEN CORRESPONDA:

El *Presidente del Jurado Evaluador en las Exposiciones de los Informes de Trabajo de Suficiencia Profesional*, manifiesta que la exposición del Informe se realizó el día Sábado 17 de Julio del 2021 a las 13:52hrs., no habiendo observaciones ni correcciones que incluir, el mismo que en su oportunidad fue cuidadosamente evaluado por cada uno de los miembros del Jurado Evaluador, no presentando ninguna observación en su estructura metodológica y contenido temático.

Se emite el presente informe favorable para los fines pertinentes.

Bellavista, 17 de Julio del 2021



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
II Ciclo Taller de Titulación por Modalidad de Exposición de
Informe de Trabajo de Suficiencia Profesional

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'JHT'.

Dr. JOSE HUGO TEZEN CAMPOS
Presidente jurado evaluador

DEDICATORIA

A mis queridos padres Carlos y Claudia que sacrificaron mucho para que yo pueda terminar mis estudios universitarios y me alentaron a dar todo de mí, incluso hasta el día de hoy. Muchas gracias por todo.

AGRADECIMIENTO

A la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía de la Universidad Nacional del Callao, por darme la oportunidad de contar con docentes de mucha experiencia que aportaron de manera significativa en mi formación profesional y conocer grandes amigos de profesión.

A la empresa Sistemas Termodinámicos e Instrumentación Industrial por brindarme la oportunidad de especializarme en el grandioso mundo de las válvula de alivio de presión.

RESUMEN

En una planta industrial se tienen diversos tipos de procesos y se manejan diferentes fluidos a diferentes presiones. Estas deben ser controladas para no sobrepasar los límites permitidos. Sin embargo ante una falla no deseada las presiones se pueden salir de control y es ahí cuando las válvulas de alivio de presión entran a trabajar evitando que ocurra un accidente con pérdidas materiales o hasta incluso vidas humanas. Es por eso que es de mucha importancia realizar el dimensionamiento correcto y adecuado de estos dispositivos de seguridad. Este trabajo de suficiencia profesional nos comenta los procedimientos realizados para hacer el dimensionamiento y selección de 94 válvulas de alivio de presión de la planta DSM Marine Lipids Perú en Piura. Para ello se obtuvieron los datos de los diferentes procesos en planta siendo los más importantes las presiones y los caudales. Así mismo se identificaron las características de las 94 válvulas de alivio de presión instaladas de acuerdo a cada fabricante para obtener las áreas de descarga y coeficiente de descarga reales de cada válvula, para determinar la capacidad de descarga real de estas válvulas. Con los datos de proceso se realizó el dimensionamiento de área de orificio requerido según API RP 520 y la especificación según API STD 526. Dentro del alcance se encontraron 5 válvulas de presión-vacío correspondientes a Tanques de almacenamiento atmosférico, para los cuales se calculó los caudales de venteo según API STD 2000. Finalmente se compararon los resultados obtenidos con las válvulas que ya están instaladas en planta identificando que 41 de estas válvulas de alivio de presión no cumplen con la capacidad de descarga requerida y deben ser reemplazadas. Así mismo se listaron las observaciones correspondientes a cada válvula para ser consideradas en futuros cambios de válvulas o en las instalaciones de estas para garantizar la seguridad de la planta ante un evento de sobrepresión en los procesos.

ABSTRACT

In an industrial plant there are different types of processes and different fluids are handled at different pressures. These must be controlled so as not to exceed the permitted limits. However, in the event of an unwanted failure, the pressures can get out of control and that is when the pressure relief valves come to work, preventing an accident from occurring with material losses or even human lives. That is why it is very important to carry out the correct and adequate sizing of these safety devices. This report of professional sufficiency tells us about the procedures carried out to make the sizing and selection of 94 pressure relief valves of the DSM Marine Lipids Peru plant in Piura. For this, the data of the different processes in the plant were obtained, the most important being pressures and flows. Likewise, the characteristics of the 94 pressure relief valves installed according to each manufacturer were identified to obtain the real discharge areas and discharge coefficient of each valve, to determine the real discharge capacity of these valves. With the process data, the required orifice area sizing was performed according to API RP 520 and the specification according to API STD 526. Within the scope, there were 5 pressure-vacuum valves corresponding to atmospheric storage tanks, for which the vent flow rates according to API STD 2000. Finally, the results obtained with the valves that are already installed in the plant were compared, identifying that 41 of these pressure relief valves do not meet the required discharge capacity and must be replaced. Likewise, the observations corresponding to each valve were listed to be considered in future valve changes or in their installations to guarantee the safety of the plant in the event of an overpressure event in the processes.

INTRODUCCION:

Las válvulas de alivio de presión son dispositivos de seguridad de muy alta importancia en todo tipo de industria, pues es el último elemento de seguridad que se activa para evitar un accidente a causa de una sobrepresión no deseada durante el proceso operativo o de producción. Estos dispositivos de alivio se pueden dividir en 2 grandes grupos: Válvulas de alivio para sistemas presurizados (sobre los 15 Psi) como Caldera de Vapor, Intercambiadores de Calor, Tanques de Aire, etc. y Válvulas de Alivio para sistemas de baja presión (Por debajo de los 15 Psi) como Destiladores, Tanques de Almacenamiento Atmosféricos, etc.

Estos dispositivos no han sido considerados con la importancia durante muchos años, sin embargo actualmente las entidades fiscalizadoras y aseguradoras ya están exigiendo que se demuestre que estos dispositivos de alivio de presión estén correctamente dimensionados y mantenidos de acuerdo a las normas y estándares ya que si estos dispositivos no tienen la confiabilidad necesaria los trabajos de las diversas plantas estarían en riesgo latente de sufrir un accidente.

En este informe se detalla los trabajos realizados y los procedimientos necesarios para realizar el correcto dimensionamiento y selección de los dispositivos de alivio de presión de una planta de procesamiento de Aceite ubicada en Piura.

ÍNDICE

I. ASPECTOS GENERALES	11
1.1. Objetivos.....	11
1.1.1. Objetivo General.....	11
1.1.2. Objetivos Específicos.....	11
1.2. Organización de la empresa o institución.....	11
1.2.1. Antecedentes Históricos.....	11
1.2.2. Filosofía Empresarial.....	12
1.2.3. Estructura Organizacional.....	13
II. FUNDAMENTACIÓN DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL	14
2.1. Marco teórico.....	17
2.1.1. Bases Teóricas.....	19
2.1.2. Aspectos Normativos.....	42
2.1.3. Simbología Técnica / Terminología.....	43
2.2. Descripción de las actividades desarrolladas.....	46
2.2.1. Etapas de las Actividades.....	48
2.2.2. Diagrama de Flujo.....	50
2.2.3. Cronograma de Actividades.....	51
III. APORTES REALIZADOS	53
3.1. Planificación, Ejecución y Control de las Etapas.....	53
3.1.1. Planificación.....	53
3.1.2. Ejecución.....	58
3.1.3. Elaboración de Cálculo y Dimensionamiento.....	68
3.1.4. Identificación de Válvulas Existentes.....	69
3.1.5. Elaboración de Documentos.....	71
3.2. Evaluación Técnica Económica.....	74
3.3. Análisis de Resultados.....	77
IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	82
4.1. Discusión.....	82
4.2. Conclusiones.....	83
V. RECOMENDACIONES	84
VI. BIBLIOGRAFIA.....	85
ANEXOS.....	87

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Propiedades de Gases	27
Tabla 2 Factor de Corrección por Vapor Sobrecalentado	30
Tabla 3 Áreas de orificio según API526	33
Tabla 4 Eventos de operación normal que generación Presión o Vacío en un Tanque.	35
Tabla 5 Factor Y de acuerdo a la Latitud	40
Tabla 6 Factor C	42
Tabla 7 Cronograma de Actividades.....	51
Tabla 8 Gantt del proyecto - Cronograma	52
Tabla 9 Listado de Válvulas del alcance del proyecto.....	54
Tabla 10 Áreas de la planta	55
Tabla 11 Lista de Actividades	56
Tabla 12 Presupuesto del Proyecto	57
Tabla 13 Toma de Datos de Procesos	58
Tabla 14 Datos para Dimensionar Válvulas de alivio de presión para Gases.....	65
Tabla 15 Datos para Dimensionar Válvulas de alivio de presión para Vapor de Agua	65
Tabla 16 Datos para Dimensionar Válvulas de alivio de presión para Líquidos	66
Tabla 17 Datos para cálculo de Venteo de Tanques de Almacenamiento Atmosférico.	68
Tabla 18 Relación de Válvulas instaladas que no cumplen con la capacidad de descarga requerida	72
Tabla 19 Válvulas de alivio de presión que si cumplen con la capacidad de descarga pero tienen alguna observación.....	73
Tabla 20 Costo real del Proyecto.....	75
Tabla 21 Resultados Obtenidos	79

INDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1 Manómetro con señalización de colores	59
Fotografía 2 Manómetro en Manifold de Aire.....	59
Fotografía 3 Manómetro en Tanque Pulmón de Nitrógeno	59
Fotografía 4 Presión de Diseño Intercambiador de Placas y Bastidor = 5.0 bar	60
Fotografía 5 Presión de Diseño de Intercambiador de Tubo y Coraza: 150Psig lado Coraza; 300Psig lado tubo	60
Fotografía 6 Intercambiador de Calor de Tubos y Coraza.....	61
Fotografía 7 Intercambiador de Calor de Placas y Bastidor	61
Fotografía 8 Placa de Caldera Distral. Máxima presión admisible=230Psig.....	62
Fotografía 9 Placa de Caldera Buckau-Wolf. Máxima presión de trabajo=312.9Psig	62
Fotografía 11 Válvulas de Seguridad de Caldero Distral.....	62
Fotografía 10 Válvulas de Seguridad del Caldero Buckao Wolf	62
Fotografía 13 Flujometro de Aceite 2	63
Fotografía 12 Flujometro de Aceite 1	63
Fotografía 14 Panel de Flujometros de Vapor - Troncal Principal.....	63

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diferentes tipos de válvulas de alivio de presión.....	17
Figura 2 Válvulas de Seguridad en una planta Industrial	17
Figura 3 Válvula de Presión-Vacío.....	18
Figura 4 De Izquierda a Derecha: Válvula de Blanketing, Ventila de Emergencia y Válvula de Presión-Vacío protegiendo un Tanque de almacenamiento Atmosférico.....	18
Figura 5 Partes de una Válvula de Alivio de Presión	19
Figura 6 Principio de Funcionamiento de una Válvula de Alivio de Presión	20
Figura 7 La válvula abre cuando la Presión del Proceso (Fp) vence a la presión del Resorte (Fs)	20
Figura 8 Válvula de Alivio de Presión Convencional (Izquierda) y Balanceada (Derecha).....	22
Figura 9 Válvula de alivio de presión de tipo Pilotada.....	23
Figura 10 Válvula de alivio de Presión: Presión de Ingreso P1 y Presión de Salida P224	
Figura 11 Factor de Corrección por efecto de la Contrapresión	26
Figura 12 Factor de Corrección por Contrapresión - Líquidos.....	32
Figura 13 Dispositivos de Protección de Tanques de Almacenamiento Atmosférico	34
Figura 14 Causas de Presión y Vacío dentro de un Tanque	35
Figura 15 Operación de una Válvula Presión-Vacío	35
Figura 16 Partes de una Válvula de Presión-Vacío	36
Figura 17 Válvula de Presión-Vacío accionada por Resorte.....	36
Figura 18 Fuego externo afectando a Tanques de Almacenamiento	37
Figura 19 Ventila de Emergencia de Calibración por Peso y por Resorte.....	37
Figura 20 Ventila de Emergencia con válvula de vacío	38
Figura 21 Partes de una Ventila de Emergencia	38
Figura 22 Latitud Geográfica. Nótese que Perú está ubicado < 42°S.....	40
Figura 23 Contrapresión de una Válvula de alivio de presión.....	43
Figura 24 Efecto de contrapresión: Contrapresión=2 barg, Set requerido=12 barg → CDTP=10 barg.....	44
Figura 25 Concepto de Presión de Set de válvulas de alivio de Presión: Simmer y Pop	44
Figura 26 Válvula de Alivio de Presión Certificada ASME “V” y “UV”	45
Figura 27 Documentos a entregar por cada Válvula	53
Figura 28 Diagrama de red de Actividades	55
Figura 29 Tomas termográficas de válvulas de alivio de presión.....	64
Figura 30 Curva S del Avance del Proyecto.....	74
Figura 31 Curva S de Recursos.....	76

I. ASPECTOS GENERALES

1.1. Objetivos:

1.1.1. Objetivo General

- ✓ Dimensionar y seleccionar 94 válvulas de alivio de presión de la planta DSM MARINE LIPIDS PERÚ S.A.C. en Piura.

1.1.2. Objetivos Específicos

- ✓ Obtener los datos de procesos necesarios para realizar el dimensionamiento de las válvulas de alivio de presión.
- ✓ Identificar y Sugerir las presiones de Set adecuadas para cada una de las válvulas de alivio de presión.
- ✓ Calcular el área de orificio requerido según API520 para cada una de las 94 válvulas de alivio de presión.
- ✓ Identificar las válvulas de alivio de presión instaladas en planta y validar su cumplimiento de acuerdo a los cálculos realizados.

1.2. Organización de la empresa o institución

1.2.1. Antecedentes Históricos

SISTEMAS TERMODINAMICOS E INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL SRL es una empresa proveedora de productos y servicios enfocada en clientes de los sectores de Oil&Gas, Alimentos e Industria. Ofrece soluciones para el manejo de fluidos y dispositivos de seguridad para sistemas presurizados y a baja presión tales como válvulas de seguridad y alivio, válvulas de presión-vacío, Discos de Ruptura, Arrestallamas, válvulas de control, sistemas de vapor y recuperación de condensado, entre otros.

Forma parte de un grupo de 3 empresas que en conjunto tienen la capacidad de brindar soluciones a todo tipo de clientes tanto en suministros de válvulas como en servicio de mantenimiento, reparación y calibración de válvulas. A lo largo de sus 33 años la compañía ha logrado ganar reconocimiento por la capacidad de brindar soluciones en Válvulas de seguridad y, válvulas de presión-vacío y arrestallamas, tanto en dimensionamiento, selección y especificación como en el mantenimiento y calibración de las mismas. También es reconocido por el servicio de Gestión y mantenimiento de Purgadores de Condensado que se realiza en las 2 grandes refinerías del Perú: Refinería la Pampilla y Refinería de Petroperú Talara.

1.2.2. Filosofía Empresarial

1.2.2.1. Misión

Ofrecer un amplio rango de productos en sistemas de vapor, agua y aire y sistemas de seguridad de excelente calidad, brindando la más completa asesoría técnica por personal altamente calificado para determinar y satisfacer las necesidades en las diferentes aplicaciones industriales, asegurando el crecimiento constante de la empresa.

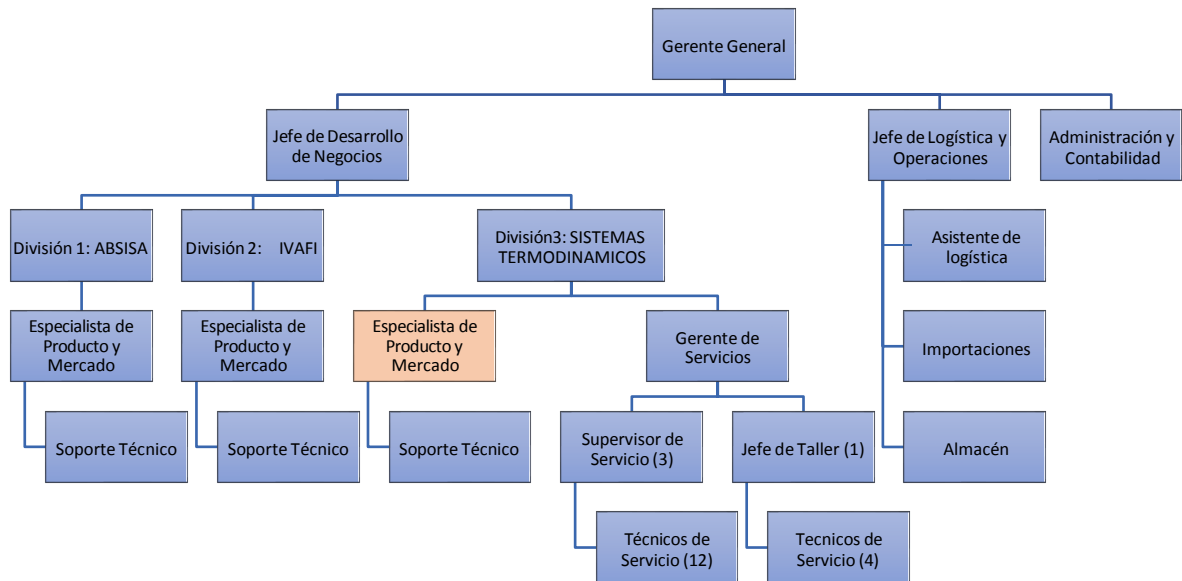
1.2.2.2. Visión

Ser la empresa líder en el abastecimiento de sistemas de vapor, agua y aire, sistemas de seguridad y servicios integrales de alta calidad. Calidad que satisfagan los requerimientos de los diferentes procesos industriales. Asimismo proveyendo de asesoría técnica por profesionales altamente calificados y respaldados por las compañías representadas convirtiéndose en una empresa de clase mundial logrando que los productos y servicios sean reconocidos por nuestros colaboradores, clientes y socios como soluciones inteligentes.

1.2.3. Estructura Organizacional

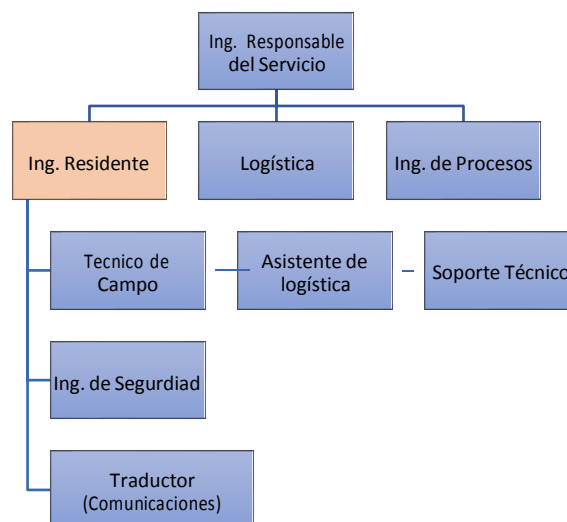
SISTEMAS TERMODINÁMICOS E INSTRUMENTACIÓN

INDUSTRIAL forma parte de una grupo de 3 empresas y su negocio es el suministro, servicio de calibración y mantenimiento de válvulas en general principalmente para sector Oil&Gas, Minería e Industria.



1.2.3.1. Organigrama Específico

Para realizar este servicio se empleó el siguiente Equipo de Trabajo:



El trabajo en campo fue realizado por: Ing. Residente, Ing. de Procesos y un Técnico de Campo.

II. FUNDAMENTACIÓN DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL

Antecedentes Nacionales

- Enríquez R. Wilfredo (2015), en su Tesis de Grado titulado “Análisis de golpe de ariete para reducir la sobrepresión en el sistema de bombeo del tanque TK-007 al cajón LA003B de la presa de relaves de SMCV” para optar el título de Ingeniero Mecánico de la Universidad Nacional del Centro del Perú hace un análisis para determinar la causa de falla de las válvulas de flushing del sistema de bombeo en el que se descartó que la presión hidráulica del sistema genere estos daños y se concluyó que la sobrepresión excesiva es debida a el golpe de ariete que se genera en el sistema de bombeo y como solución a este problema se plantea el uso de una válvula de alivio que mantenga la presión del sistema por debajo de máxima presión admisible de las válvulas de flushing, manteniendo así la integridad de las válvulas, accesorios y tuberías que forman parte del sistema de bombeo.
- Sánchez P. Anderson (2017), en su informe de trabajo de suficiencia profesional titulado “Modificación del tanque N°08 de almacenamiento de hidrocarburo-PI500 de 29,379Bls Planta de Petroperú-Chimbote” para optar el título de Ingeniero en Energía de la Universidad Nacional del Callao, nos detalla las exigencias del DS: 017-2013-EM con respecto a los tanques de almacenamiento de hidrocarburos y las modificaciones que se hicieron al tanque en referencia. Dentro de este decreto supremo nacional se menciona que el venteo requerido para los tanques deben ser calculados según la norma API 2000 u otra norma reconocida de ingeniería y el autor de esta informe usó el API 2000 en su 6ta edición, edición en la que ya se consideran las fórmulas actualizadas de los flujos requeridos por efecto térmico.

- Sócalo E. Karen (2020) en su Tesis de Grado titulado “Propuesta de aplicación del estudio de métodos para mejorar la productividad en el proceso de calibración y mantenimiento de válvulas de seguridad y alivio de la Empresa Stork Perú SAC en la Central Térmica Malacas – Talara 2020” para optar el título de Ingeniero Industrial de la Universidad Cesar Vallejo, nos muestra un método viable para mejorar la eficiencia del servicio de calibración y mantenimiento de válvulas de seguridad y alivio de la empresa Stork Perú en la Central Térmica Malacas basado en la observación durante la ejecución del servicio, tomando tiempos reales y así mejorar los tiempos de ejecución en el diagrama de operaciones del servicio.

Antecedentes Internacionales

- Llerena T. Luis y Lobato A. Esteban (2012), en su Trabajo de Grado titulado “Diseño, construcción y calibración de válvulas de seguridad de 2” y 4” para recipientes a presión, que cumpla el código ASME Sección VIII, para la empresa Codequality S.A.” para optar el título de Ingeniero Mecánico de la Escuela Politécnica del Ejército de Ecuador, brindan a detalle las características de las válvulas de seguridad, tipos, las partes principales y principio de operación para realizar la fabricación de válvulas de seguridad de 2” y 4”, según el código ASME, tomando en cuenta el diseño adecuado del resorte, disco y asiento se fabricaron las válvulas de seguridad a un costo mucho menor que el de los fabricantes de estos dispositivos, generando un ahorro sustancial a la empresa donde labora.

- Falconi H. Gustavo (2010), en su Tesis “Aplicación de Válvula de Desahogo y Seguridad, Mediante su operación, Instalación y Mantenimiento para evitar sobrepresión en las líneas de recepción y despacho de combustible de Petrocomercial Periodo 2010” para optar el título de Tecnólogo de Petróleos de la Universidad Tecnológica Equinoccial de Ecuador, nos da a conocer cuáles son los principales problemas mecánicos de las válvulas de seguridad por una mala instalación o mantenimiento y nos detalla cómo es la operación de estas válvulas de seguridad y como se debe realizar el mantenimiento y calibración de estas mismas indicando que la inspección visual y mantenimiento preventivo de las válvulas de seguridad y alivio se deben realizar por lo menos 2 veces al año junto con una bitácora que reúna todos los datos de especificación de las válvulas de seguridad y alivio.

- Carrión L. Alexis (2015), en su Tesis “Evaluación de Escenarios y Determinación de contingencia crítica para el diseño de un sistema de alivio de una planta destiladora de crudo para la empresa Downstreams” para optar el título de Ingeniero Mecánico de la Escuela Politécnica Nacional de Ecuador, nos indica los principales escenarios de contingencia por los cuales se genera sobrepresión en los procesos de la planta Destiladora Downstreams que cuenta con venteos atmosféricos en lugar de válvulas de alivio de presión. Dentro de este proyecto se puede encontrar el análisis que se hizo para cada uno de los eventos de sobrepresión que pudieran ocurrir en el proceso identificando el evento de fuego externo como el más crítico y así se dimensionaron las válvulas de alivio de presión bajo ese escenario.

2.1. Marco teórico

En toda planta de producción vamos a encontrar diferentes tipos de procesos y diferentes fluidos que se usan para que el sistema de producción pueda funcionar, ya sea como parte de la línea de producción principal o como un fluido auxiliar para hacer funcionar los dispositivos de producción.

Todos los recipientes, tuberías y/o equipos presurizados deben llevar algún tipo de dispositivo de seguridad de alivio de presión que impida se exceda de la presión de diseño. Estos dispositivos se pueden seleccionar y especificar de acuerdo a cada tipo de aplicación, es por ello que es importante la experiencia en válvulas de seguridad y alivio para realizar una especificación adecuada y confiable.

Figura 1 Diferentes tipos de válvulas de alivio de presión



Fuente: Internet <http://www.x-care.com/>

Figura 2 Válvulas de Seguridad en una planta Industrial.



Fuente: Internet <https://www.netherlocks.com/products/process-interlocking/applications/attachment/interlocking-applications-1/>

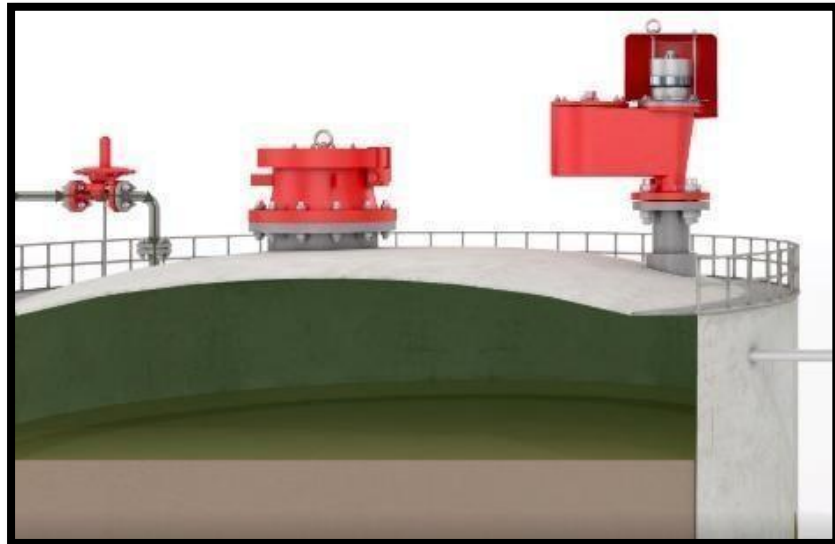
Caso similar ocurre con los tanques de almacenamiento atmosférico. Cuando se llena o se descarga producto se genera un efecto de presurización o vacío dentro del tanque y para evitar que el tanque sufra algún daño se instalan válvulas de Presión-Vacío comúnmente denominados Válvulas de Venteo. Estos tanques están diseñados para soportar una presión y un vacío muy pequeños y los dispositivos de alivio de presión y vacío a emplear deben ser los adecuados para mantener la integridad del tanque.

Figura 3 Válvula de Presión-Vacío.



Fuente: Internet – www.protego.com

Figura 4 De Izquierda a Derecha: Válvula de Blanketing, Ventila de Emergencia y Válvula de Presión-Vacío protegiendo un Tanque de almacenamiento Atmosférico



Fuente: captura de video – <https://www.protego.com/products/valves.html>

2.1.1. Bases Teóricas

2.1.1.1. Válvulas de Alivio de Presión para sistemas presurizados:

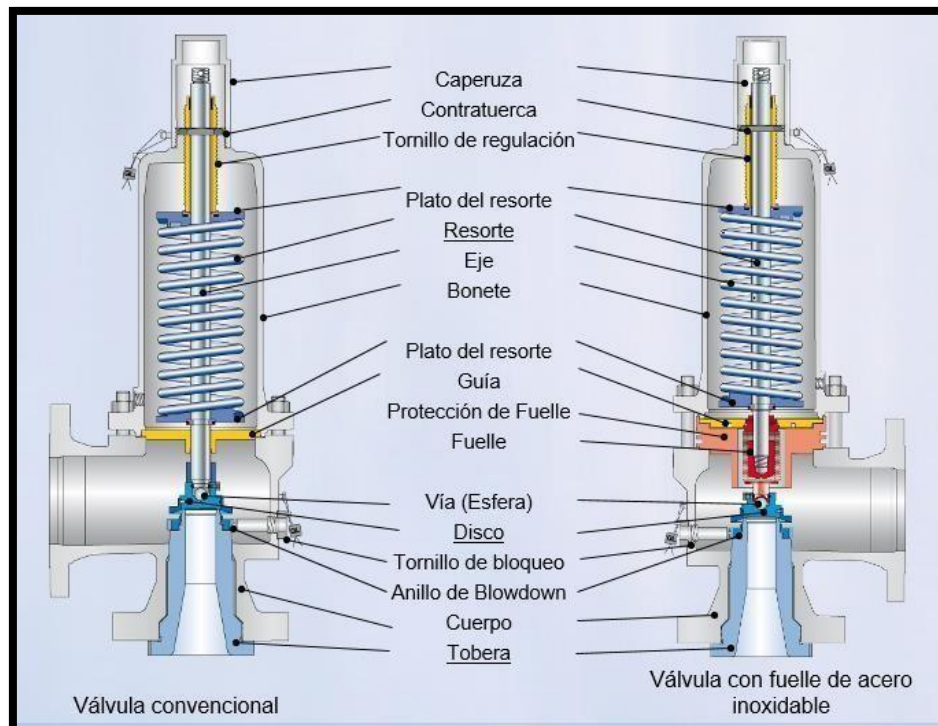
Una válvula de alivio de presión es un dispositivo de seguridad que está diseñada para abrir y aliviar el exceso de presión de los recipientes o equipos y que vuelve a cerrar para evitar una mayor liberación de fluido después de que se hayan restablecido las condiciones normales de operación.

Con la finalidad de que la válvula de alivio de presión de confiabilidad en su desempeño es que siempre se debe utilizar válvulas certificadas ASME “UV” o “V” (esta última para calderos de vapor).

2.1.1.1.1. Partes de una Válvula de Alivio de Presión:

Las partes principales de una válvula de alivio de presión son:
Resorte, Disco, Tobera o Asiento.

Figura 5 Partes de una Válvula de Alivio de Presión.

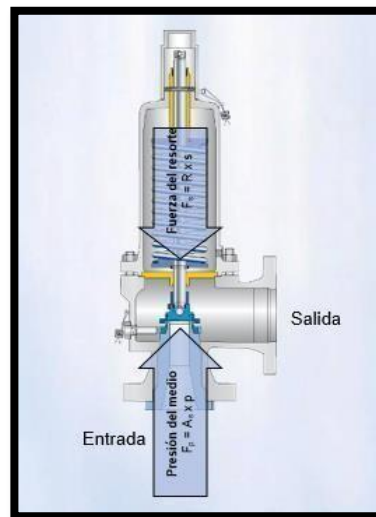


Fuente: *Leser Presentation Pool* – Entrenamiento corporativo de fábrica LESER

2.1.1.1.2. Operación de una Válvula de Alivio de Presión:

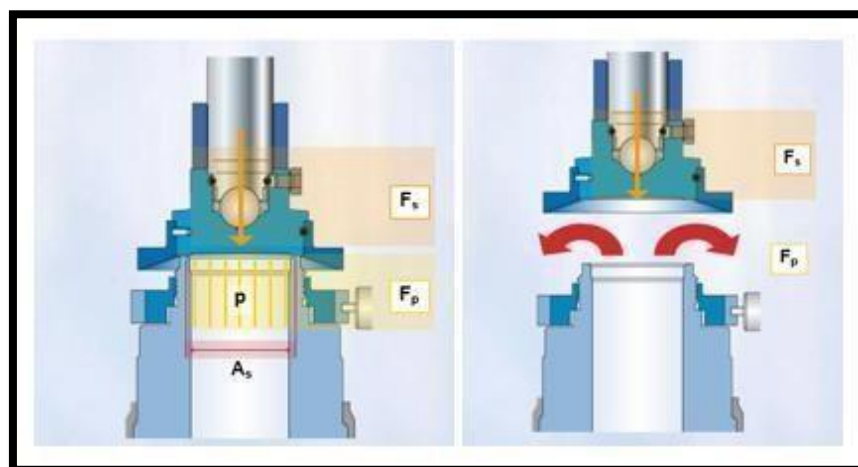
Las válvulas de alivio de presión deben mantenerse cerradas durante la operación normal de un proceso y sólo deben abrir ante un evento de sobrepresión no controlado. El resorte ejerce una fuerza sobre el disco de la válvula hasta que la presión del medio o del fluido del proceso venza a la fuerza del resorte. Es entonces que la válvula de alivio de presión abrirá y despresurizará el sistema hasta que la presión se estabilice y volverá a cerrar.

Figura 6 Principio de Funcionamiento de una Válvula de Alivio de Presión.



Fuente: *Leser Presentation Pool* – Entrenamiento corporativo de fábrica LESER.

Figura 7 La válvula abre cuando la Presión del Proceso (F_p) vence a la presión del Resorte (F_s).



Fuente: *Leser Presentation Pool* – Entrenamiento corporativo de fábrica LESER

2.1.1.1.3. Causas de Sobrepresión:

En el API Standard 521, podemos encontrar una guía sobre las principales causas de sobrepresión. Los más comunes son:

- **Descarga bloqueada:** Ocurre cuando se bloquea la línea de descarga de un sistema que impulsa un fluido.
- **Exposición a fuego externo**, a menudo denominado "Caso de incendio" o "Caso Fuego": Ocurre cuando existe fuego en la parte externa del recipiente o sistema.
- **Expansión térmica** o también denominado "Alivio Térmico": Ocurre cuando el líquido atrapado en una tubería o recipiente es afectado por la radiación solar y se expande volumétricamente.
- **Rotura del tubo del intercambiador de calor:** Ocurre cuando el tubo se rompe debido a golpes de ariete, corrosión, fatiga, etc.
- **Fallo Operacional**, Es uno de los eventos con mayor frecuencia y ocurre cuando hay una mala maniobra de los operadores.
- **Pérdida de Aire o Energía de Instrumentos:** Ocurre cuando un dispositivo de control actuado por aire o energía falla.

Estos eventos mencionados anteriormente pueden ocurrir de forma individual o simultáneamente.

Cada causa de sobrepresión también creará un flujo de masa u volumen diferente a descargar, por ejemplo, el flujo másico pequeño para expansión térmica o flujo másico grande en caso de una descarga bloqueada.

Es de mucha importancia determinar el peor de los casos para el dimensionamiento y la selección de un dispositivo de alivio de presión adecuado.

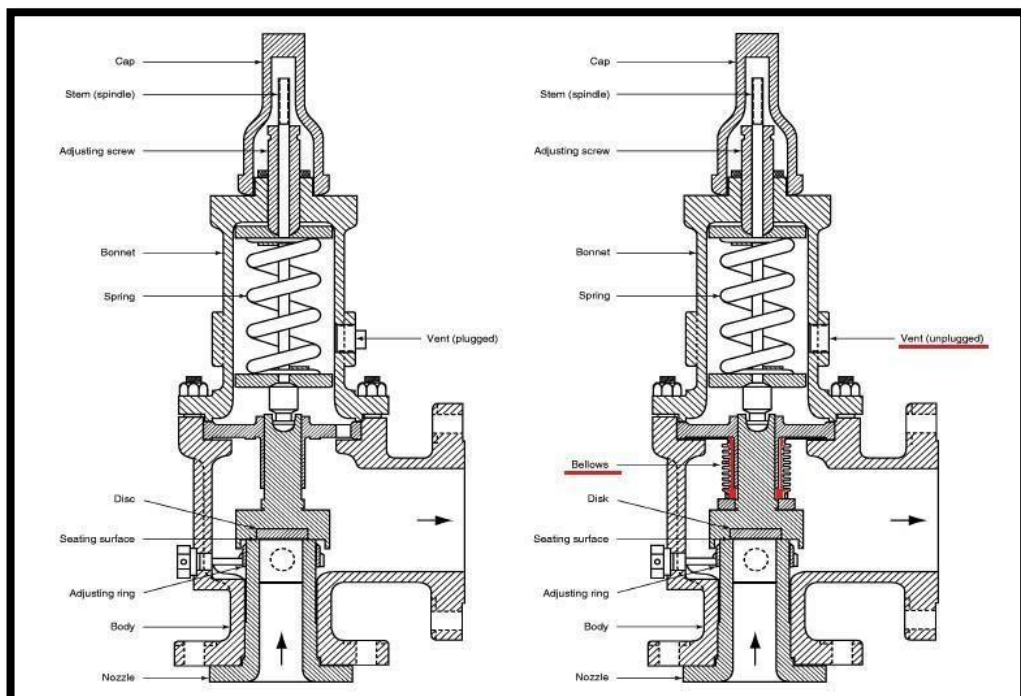
2.1.1.1.4. Tipos de Válvulas de Alivio de Presión

2.1.1.1.4.1. Tipo1: Válvulas de Alivio de Presión accionadas por Resorte

Válvulas Convencionales: Una válvula de alivio de presión de tipo convencional es una válvula cuyas características operativas se ven directamente afectadas por la contrapresión. Los elementos básicos de este tipo de válvulas de alivio de presión son: Tobera de ingreso, Disco, y resorte.

Válvulas Balanceadas: Una válvula de alivio de presión de tipo balanceada incorpora un fuelle cuya función es minimizar el efecto de la contrapresión en las características operativas de la válvula. Los elementos básicos de este tipo de válvulas de alivio de presión son: Tobera de ingreso, Disco, resorte y fuelle de balanceamiento.

Figura 8 Válvula de Alivio de Presión Convencional (Izquierda) y Balanceada (Derecha)



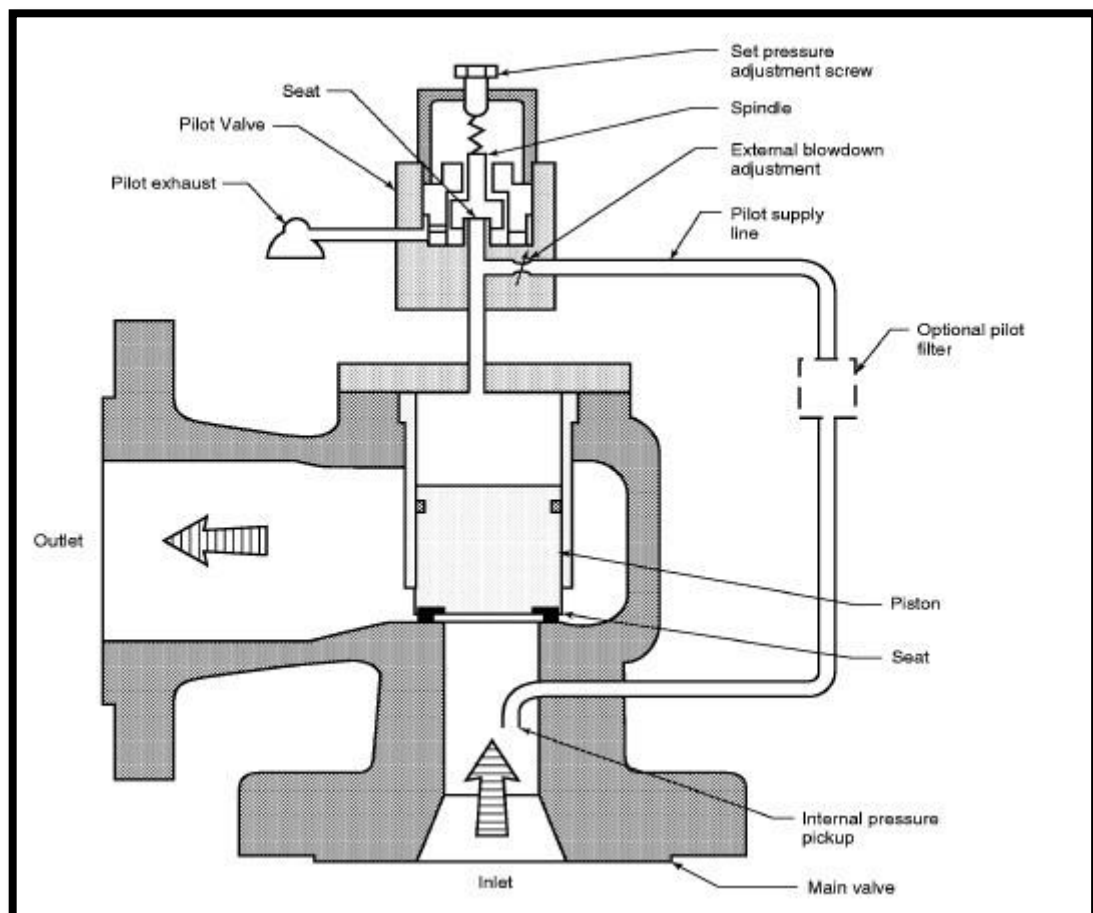
Fuente: API Recommended Practice 520 – Sizing, Selection, and Installation of Pressure-Relieving Devices in Refineries – Part I-Sizing and Selection, January 2000.

2.1.1.1.4.2. Tipo2: Válvulas de Alivio de Presión Pilotada

Estas válvulas de alivio de presión se utilizan cuando el Set y/o el caudal de alivio son elevados, ya que una válvula de acción directa sería de dimensiones muy grandes.

La apertura puede ser controlada de tipo Pop (Apertura al 100% de forma instantánea) o Modulante (Apertura aumenta con forme incrementa la presión). Por la característica de construcción de este tipo de válvula, pueden soportar hasta una contrapresión de 50% con respecto a la presión de Set.

Figura 9 Válvula de alivio de presión de tipo Pilotada.



Fuente: API Recommended Practice 520– Sizing, Selection, and Installation of Pressure-Relieving Devices in Refineries – Part I-Sizing and Selection, January 2000.

2.1.1.1.5. Área de Orificio Requerido

Para determinar el área de orificio requerido se utiliza el **API Recommended Practice 520, Part I: Sizing and Selectio**. Los procedimientos de cálculo varían de acuerdo al tipo de fluido.

2.1.1.1.6. Dimensionamiento para Gases

2.1.1.1.6.1. Contrapresión Crítica

Cuando se calcula el área de orificio requerido para una aplicación de gases se debe analizar primero si ocurrirá un Flujo crítico o un Flujo Sub-crítico y para ello se utiliza la fórmula (1):

$$P_{cf} = P_1 \times \left[\frac{2}{k+1} \right]^{k-1} \quad (1)$$

En donde:

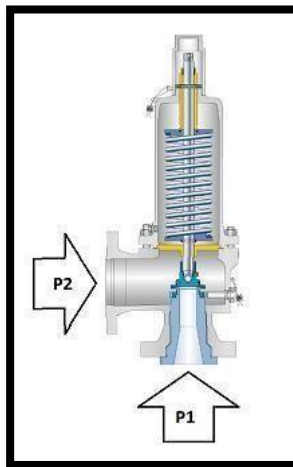
P_{cf} = Contrapresión de Flujo Crítico (barg)

P_1 = Presión aguas arriba (Ingreso) (barg)

k = Relación de calores específicos del gas

Si el valor de la contrapresión (P_2) es igual o menor a P_{cf} , entonces el Flujo Crítico existirá.

Figura 10 Válvula de alivio de Presión: Presión de Ingreso P_1 y Presión de Salida P_2



Fuente: *Leser Presentation Pool* – Entrenamiento corporativo de fábrica LESER

Una vez que se ha identificado si para las condiciones de proceso se dará un flujo crítico o no, se selecciona el método de cálculo del área de orificio requerido para flujo crítico o subcrítico.

2.1.1.1.6.2. Dimensionamiento para Gases con Flujo Crítico

Para las válvulas de alivio de presión que trabajan bajo las condiciones de flujo crítico se debe emplear la fórmula (2) para determinar el área de orificio requerido:

$$A_{req} = \frac{131.6 \times W}{C \times K_d \times P_1 \times K_b \times K_c} \sqrt{\frac{T_{abs} \times Z}{M}} \quad (2)$$

En donde:

A_{req} = Área de orificio requerido (mm²)

W = Flujo requerido a través de la válvula (kg/h)

C = Coeficiente de calores específicos

El valor de C puede ser obtenido por la fórmula (2.1) empleando el valor del coeficiente de calores específicos del gas ($k=C_p/C_v$):

$$C = 520 \sqrt{k \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k+1}{k-1}}} \quad (2.1)$$

Cuando k no puede ser determinado, se sugiere usar el valor de $C=315$.

Se muestran valores de k para algunos gases en la Tabla 1

K_d = Coeficiente de Descarga efectivo

Para el cálculo preliminar, se debe usar el valor de 0.975

P_1 = Presión aguas arriba de la válvula (bara)

Este valor es $P_1 = P_{set} + \text{Sobrepresión} + P_{atm}$ (bara)

La sobrepresión puede ser 10%, 16%, 21% o 3% (con respecto a la presión de set) dependiendo de la aplicación.

K_b = Factor de corrección debido a la contrapresión.

Este Factor sólo se utiliza para válvulas con fuelle de balanceamiento y afecta al cálculo siempre y cuando la contrapresión sea mayor al 30% de la presión de set.

Para válvulas convencionales y pilotadas se utiliza $K_b=1$

Para válvulas con Fuelle de balanceamiento se debe utilizar el factor de acuerdo a la figura 11.

K_c = Factor de corrección por combinación con Disco de Ruptura

$K_c=0.9$ Si la válvula se estará en combinación con Disco de ruptura.

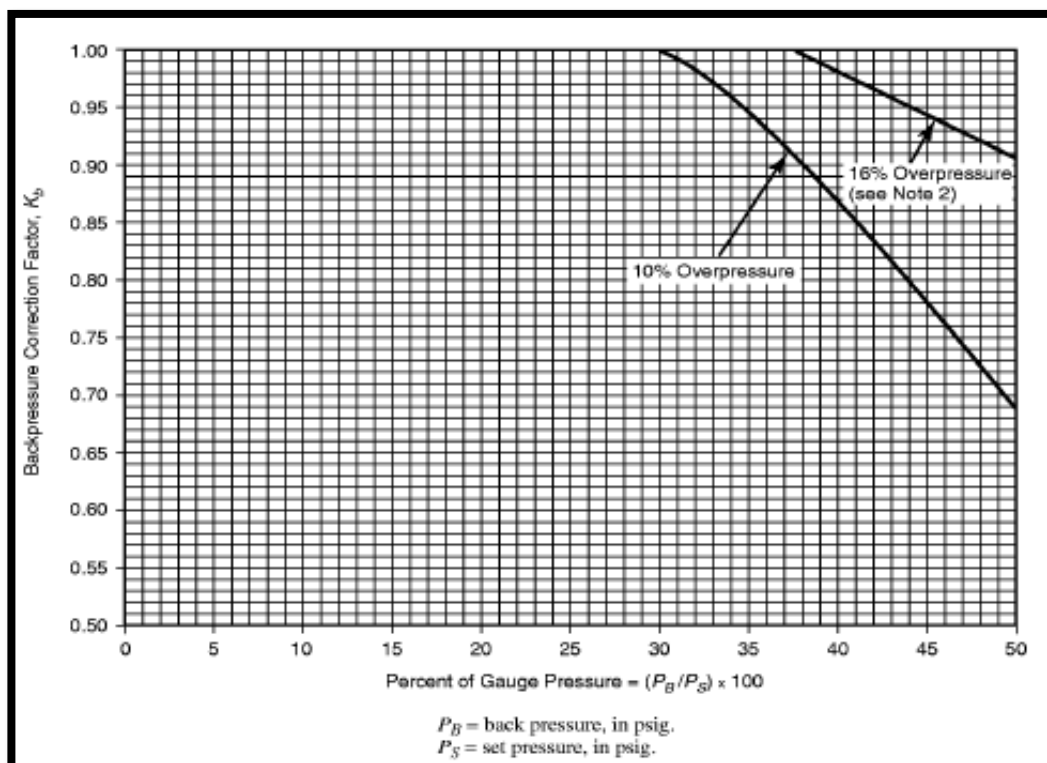
$K_c=1$ Si la válvula se va a instalar sin disco de ruptura.

T_{abs} = Temperatura del gas en condiciones de alivio (°K)

Z = Factor de compresibilidad a las condiciones de alivio

M = Peso molecular del gas a condiciones de alivio (kg/(kg-mol))

Figura 11 Factor de Corrección por efecto de la Contrapresión.



Fuente: API Recommended Practice 520– Sizing, Selection, and Installation of Pressure-Relieving Devices in Refineries – Part I-Sizing and Selection, January 2000.

Tabla 1 Propiedades de Gases

Gas	Molecular Weight	Specific Heat Ratio (k = Cp/Cv) at 60°F and One Atmosphere	Critical Flow Pressure Ratio at 60°F and One Atmosphere	Critical Constants		
				Specific Gravity at 60°F and One Atmosphere	Pressure (psia)	Temperature (°F)
Methane	16.04	1.31	0.54	0.554	673	-116
Ethane	30.07	1.19	0.57	1.058	718	90
Ethylene	28.03	1.24	0.57	0.969	742	50
Propane	44.09	1.13	0.58	1.522	617	206
Propylene	47.08	1.15	0.01	1.453	667	197
Isobutane	58.12	1.18	0.59	2.007	529	273
n-Butane	58.12	1.19	0.59	2.007	551	304
1-Butene	56.10	1.11	0.59	1.937	543	276
Isopentane	72.15	1.08	0.59	2.491	483	369
n-Pentane	72.15	1.08	0.59	2.491	490	386
1-Pentene	70.13	1.08	0.59	2.421	586	377
n-Hexane	86.18	1.06	0.59	2.973	437	454
Benzene	78.11	1.12	0.58	2.697	714	552
n-Heptane	100.20	1.05	0.60	3.459	397	513
Toluene	92.13	1.09	0.59	3.181	590	604
n-Octane	114.22	1.05	0.60	3.944	362	564
n-Nonane	128.23	1.04	0.60	4.428	552	610
n-Decane	142.28	1.03	0.60	4.912	304	632
Air	29.96	1.40	0.53	1.000	547	-221
Ammonia	17.03	1.30	0.53	0.588	1636	270
Carbon Dioxide	44.01	1.29	0.55	1.519	1071	88
Hydrogen	2.02	1.41	0.52	0.696	188	-400
Hydrogen sulfide	34.08	1.32	0.53	1.176	1306	213
Sulfur dioxide	64.04	1.27	0.55	2.212	1143	316
Steam	18.01	1.33	0.54	0.622	3206	706

Fuente: API Recommended Practice 520; Sizing, Selection, and Installation of Pressure-Relieving Devices in Refineries. Part I - Sizing and Selection, January 2000 – P. 43

2.1.1.1.6.3. Dimensionamiento para Gases con Flujo Subcrítico

Cuando la Contrapresión es mayor o igual al valor de la Contrapresión Crítica (2.1.1.3.1) se debe emplear la fórmula (3):

$$A_{req} = \frac{0.179 \times W}{F_2 \times K_d \times K_c} \sqrt{\frac{T_{abs} \times Z}{M \times P_1 (P_1 - P_2)}} \quad (3)$$

En donde:

A_{req} = Área de orificio requerido (mm²)

W = Flujo requerido a través de la válvula (kg/h)

F_2 = Coeficiente de Flujo Subcrítico

El valor de F_2 puede ser obtenido por la fórmula (3.1), empleando el valor del coeficiente de calores específicos ($k=C_p/C_v$):

$$F_2 = \sqrt{\left(\frac{k}{k-1}\right) (r)^{\frac{k}{k-1}} \left[\frac{2-1-r^{\frac{k-1}{k}}}{1-r}\right]} \quad (3.1)$$

En esta ecuación, $r=P_2/P_1$.

K_d = Coeficiente de Descarga efectivo

Para el cálculo preliminar, se debe usar el valor de 0.975

K_c = Factor de corrección por combinación con Disco de Ruptura.

$K_c=0.9$ Si la válvula se instalará en combinación con Disco de ruptura.

$K_c=1$ Si la válvula se va a instalar sin disco de ruptura.

Z = Factor de compresibilidad a las condiciones de alivio

T_{abs} = Temperatura del gas en condiciones de alivio (°K)

M = Peso molecular del gas a condiciones de alivio (kg/(kg-mol))

P_1 = Presión aguas arriba de la válvula (bara)

Este valor es $P_1 = P_{set} + Sobrepresión + P_{atm}$ (bara)

La sobrepresión puede ser 10%, 16%, 21% o 3% (con respecto a la presión de set) dependiendo de la aplicación.

P_2 = Contrapresión Absoluta (bara)

2.1.1.1.7. Dimensionamiento para Vapor

Cuando la aplicación es para vapor de agua, se debe utilizar la fórmula (4):

$$A_{req} = \frac{1.905 \times W}{P_1 \times K_d \times K_b \times K_c \times K_N \times K_{SH}} \quad (4)$$

En donde:

A_{req} = Área de orificio requerido (mm²)

W = Flujo requerido a través de la válvula (kg/h)

P_1 = Presión aguas arriba de la válvula (bara)

Este valor es $P_1 = P_{set} + \text{Sobrepresión} + P_{atm}$ (bara)

La sobrepresión puede ser 10%, 16%, 21% o 3% (con respecto a la presión de set) dependiendo de la aplicación.

K_d = Coeficiente de Descarga efectivo

Para el cálculo preliminar, se debe usar el valor de 0.975

K_b = Factor de corrección debido a la contrapresión.

Este Factor sólo se utiliza para válvulas con fuelle de balanceamiento y afecta al cálculo siempre y cuando la contrapresión sea mayor al 30% de la presión de set.

Para válvulas convencionales y pilotadas se utiliza $K_b=1$

Para válvulas con Fuelle de balanceamiento se debe utilizar el factor de acuerdo a la figura 11.

K_c = Factor de corrección por combinación con Disco de Ruptura

$K_c=0.9$ Si la válvula estará en combinación con Disco de ruptura.

$K_c=1$ Si la válvula se va a instalar sin disco de ruptura.

K_N = Factor de corrección por ecuación de Napier.

Cuando $P_1 \leq 100\text{bara}$ entonces $K_N = 1$

Cuando $100\text{bara} < P_1 \leq 220\text{bara}$ entonces:

$$K_N = \frac{2.764 \times P_1 - 1000}{3.324 \times P_1 - 1061} \quad (4.1)$$

K_{SH} =Factor de corrección por Vapor Sobrecalentado.

Este valor se obtiene de la Tabla 2

Para vapor Saturado $K_{SH} = 1$

Tabla 2 Factor de Corrección por Vapor Sobrecalentado

Set Pressure (psig)	Temperature (degrees Fahrenheit)									
	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
15	1.00	0.98	0.93	0.88	0.84	0.80	0.77	0.74	0.72	0.70
20	1.00	0.98	0.93	0.88	0.84	0.80	0.77	0.74	0.72	0.70
40	1.00	0.99	0.93	0.88	0.84	0.81	0.77	0.74	0.72	0.70
60	1.00	0.99	0.93	0.88	0.84	0.81	0.77	0.75	0.72	0.70
80	1.00	0.99	0.93	0.88	0.84	0.81	0.77	0.75	0.72	0.70
100	1.00	0.99	0.94	0.89	0.84	0.81	0.77	0.75	0.72	0.70
120	1.00	0.99	0.94	0.89	0.84	0.81	0.78	0.75	0.72	0.70
140	1.00	0.99	0.94	0.89	0.85	0.81	0.78	0.75	0.72	0.70
160	1.00	0.99	0.94	0.89	0.85	0.81	0.78	0.75	0.72	0.70
180	1.00	0.99	0.94	0.89	0.85	0.81	0.78	0.75	0.72	0.70
200	1.00	0.99	0.95	0.89	0.85	0.81	0.78	0.75	0.72	0.70
220	1.00	0.99	0.95	0.89	0.85	0.81	0.78	0.75	0.72	0.70
240		1.00	0.95	0.90	0.85	0.81	0.78	0.75	0.72	0.70
260		1.00	0.95	0.90	0.85	0.81	0.78	0.75	0.72	0.70
280		1.00	0.96	0.90	0.85	0.81	0.78	0.75	0.72	0.70
300		1.00	0.96	0.90	0.85	0.81	0.78	0.75	0.72	0.70
350		1.00	0.96	0.90	0.86	0.82	0.78	0.75	0.72	0.70
400		1.00	0.96	0.91	0.86	0.82	0.78	0.75	0.72	0.70
500		1.00	0.96	0.92	0.86	0.82	0.78	0.75	0.73	0.70
600		1.00	0.97	0.92	0.87	0.82	0.79	0.75	0.73	0.70
800			1.00	0.95	0.88	0.83	0.79	0.76	0.73	0.70
1000			1.00	0.96	0.89	0.84	0.78	0.76	0.73	0.71
1250			1.00	0.97	0.91	0.85	0.80	0.77	0.74	0.71
1500				1.00	0.93	0.86	0.81	0.77	0.74	0.71
1750				1.00	0.94	0.86	0.81	0.77	0.73	0.70
2000				1.00	0.95	0.86	0.80	0.76	0.72	0.69
2500				1.00	0.95	0.85	0.78	0.73	0.69	0.66
3000					1.00	0.82	0.74	0.69	0.65	0.62

Fuente: API Recommended Practice 520; Sizing, Selection, and Installation of Pressure-Relieving Devices in Refineries. Part I - Sizing and Selection, January 2000.

2.1.1.1.8. Dimensionamiento para Líquido

Cuando una válvula de alivio de presión se dimensiona para las condiciones de operación con un fluido líquido se debe usar la siguiente fórmula para el dimensionamiento:

$$A_{req} = \frac{1.178 \times Q}{K_d \times K_w \times K_c \times K_v} \sqrt{\frac{G}{p_1 - p_2}} \quad (5)$$

En donde:

A_{req} = Área de orificio requerido (mm²)

Q = Flujo requerido (l/min)

K_d = Coeficiente de Descarga

Para el cálculo preliminar, se debe usar $K_d = 0.65$

K_w = Factor de corrección por contrapresión.

Si la descarga es atmosférica, entonces $K_w = 1$

Para válvulas Convencionales o Pilotadas $K_w = 1$

Para válvulas para líquido con fuelle de balanceamiento se debe emplear la figura 12 para determinar el valor de K_w

K_c = Factor de corrección por combinación con Disco de Ruptura

$K_c = 0.9$ Si la válvula estará en combinación con Disco de ruptura.

$K_c = 1$ Si la válvula se va a instalar sin disco de ruptura.

G = Gravedad específica del líquido a la temperatura de alivio.

p_1 = Presión gravimétrica al ingreso de la válvula

Este valor es $p_1 = P_{set} + \text{Sobrepresión (barg)}$

La sobrepresión puede ser 10%, 16%, 21% o 3% (con respecto a la presión de set) dependiendo de la aplicación.

p_2 = Contrapresión (barg)

K_v = Factor de corrección por viscosidad. Se obtiene de (5.1):

$$K_v = \left(0.9935 + \frac{2.878}{R^{0.5}} + \frac{342.75}{R^{1.5}} \right)^{-1} \quad (5.1)$$

En donde R es el número de Reynolds y se obtiene usando la siguiente fórmula (5.2):

$$R = \frac{Q(18800) \times G}{\mu \sqrt{A}} \quad (5.2)$$

En donde:

R =Número de Reynolds

Q =Caudal a la temperatura de flujo (l/min)

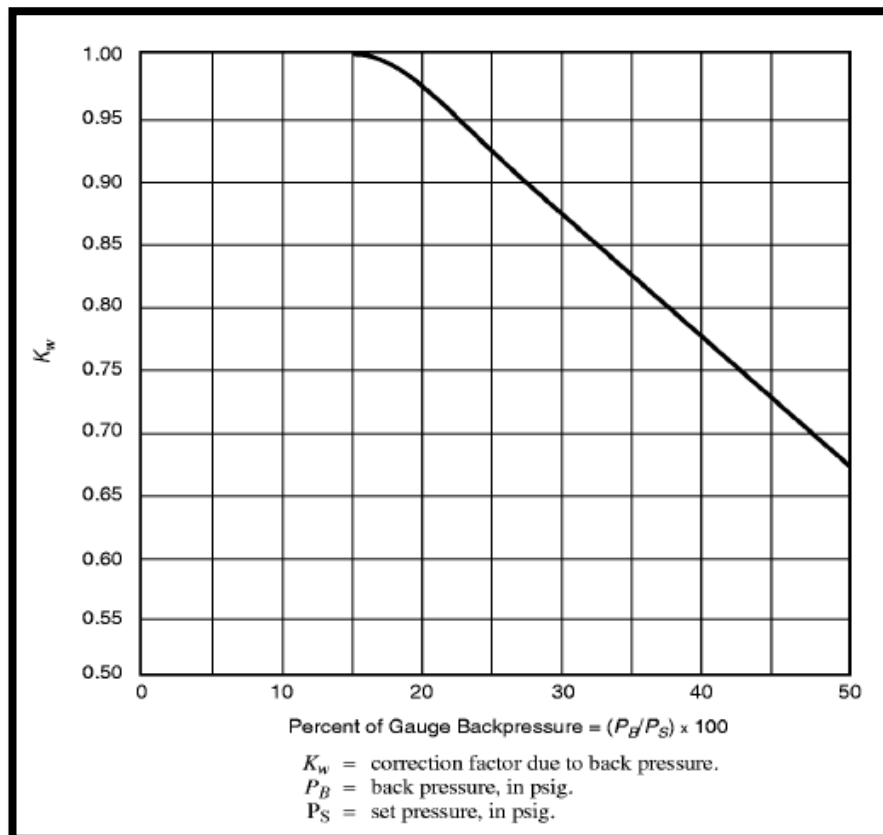
G =Gravedad específica a la temperatura del flujo

μ =Viscosidad absoluta a la temperatura de flujo (cP)

A =Area de Descarga Efectiva según orificios estandar de API526

Los orificios estándar según API 526 se muestran en la tabla 3.

Figura 12 Factor de Corrección por Contrapresión - Líquidos.



Fuente: API Recommended Practice 520; Sizing, Selection, and Installation of Pressure-Relieving Devices in Refineries. Part I - Sizing and Selection, January 2000.

2.1.1.1.9. Válvulas de alivio de presión según API 526

El **API Standard 526** nos da especificaciones de válvulas de alivio de presión de acero bridadas. Las características que se indican en este estándar son:

- Área de Orificio (Letra designada)
- Rating de brida de ingreso y salida
- Materiales
- Límites de presión y Temperatura
- Distancias Centro-Cara entre bridas

2.1.1.1.10. Áreas de Orificio según API 526

En este Estándar se designan Letras desde la D hasta T para diferentes áreas de Orificio como se muestra en la tabla 3:

Tabla 3 Áreas de orificio según API526

Designation	Effective Orifice Area (square in.)
D	0.110
E	0.196
F	0.307
G	0.503
H	0.785
J	1.287
K	1.838
L	2.853
M	3.600
N	4.340
P	6.380
Q	11.050
R	16.000
T	26.000

Fuente: API Standard 526; Flanged Steel Pressure Relief Valves, June 2002 – P. 2

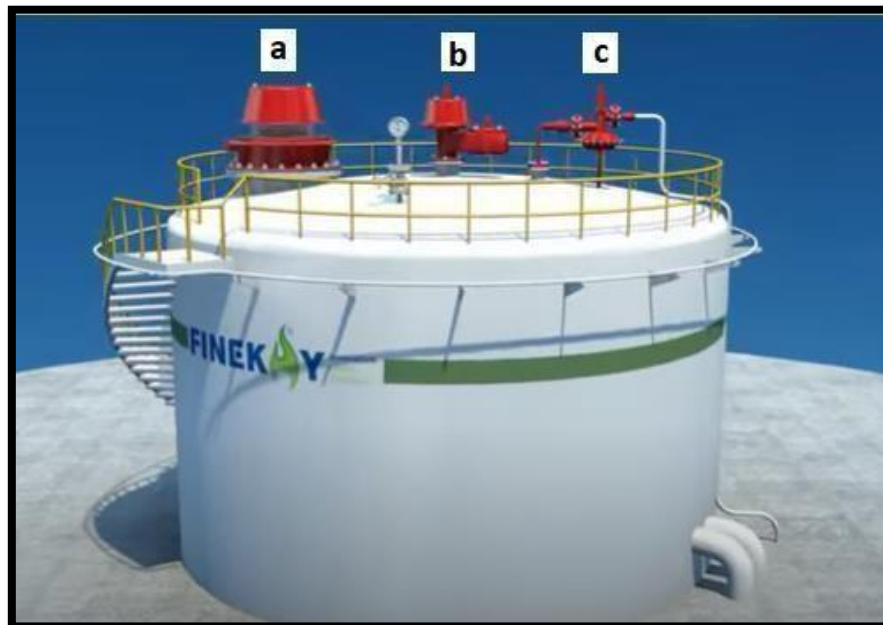
2.1.1.2. Dispositivos de Alivio para Tanques Atmosféricos.

Las válvulas de presión y vacío son dispositivos de seguridad para proteger los tanques de almacenamiento atmosféricos de los efectos de sobrepresión y de vacío que se genera dentro del tanque durante una operación normal y debido al efecto térmico generado por el cambio de temperatura del medio ambiente. Actualmente no existe una normativa que establezca la performance ni ningún estándar de construcción de estos dispositivos, por lo que estos detalles dependen de cada fabricante y la tecnología que empleen.

Los dispositivos relacionados con la protección del tanque por presión y por vacío se ubican en el techo del tanque como se puede ver en la figura 13. Estos dispositivos son:

- a) Ventilación de Emergencia.
- b) Válvulas de Presión-Vacío.
- c) Válvulas de Blanketing o Inertización.

Figura 13 Dispositivos de Protección de Tanques de Almacenamiento Atmosférico



Fuente: captura de video - <https://www.youtube.com/watch?v=YA3XUEIcXA0>

2.1.1.2.1. Válvulas de Presión y Vacío.

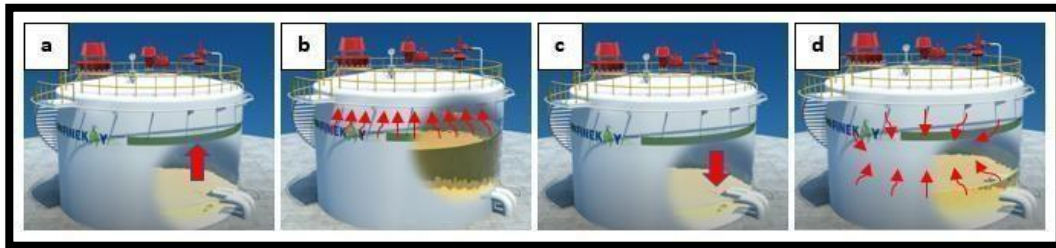
Las válvulas de presión-vacío protegen al tanque ante la generación de sobrepresión o exceso de vacío que se generan dentro del tanque de acuerdo a lo indicado en la Tabla 4:

Tabla 4 Eventos de operación normal que generación Presión o Vacío en un Tanque.

	Presión	Vacío
Operación Normal	Cuando se está llenando el Tanque con Producto (a).	Cuando se está descargando producto del Tanque (c).
Efecto Térmico	Cuando el producto dentro del tanque se está vaporizando (b).	Cuando los vapores del producto dentro del tanque se condensan (d).

Fuente: Elaboración Propia

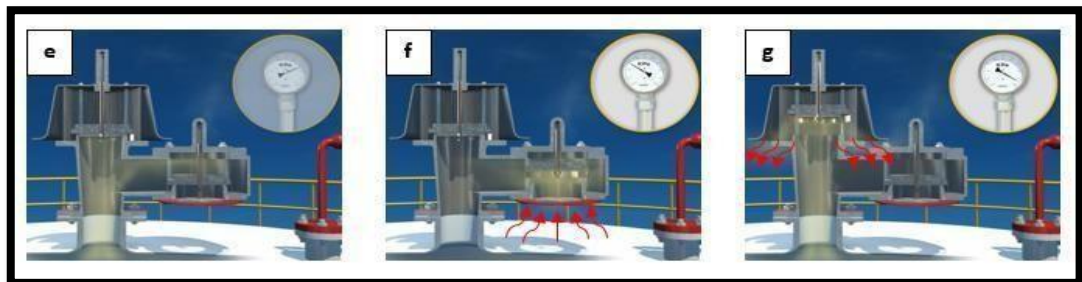
Figura 14 Causas de Presión y Vacío dentro de un Tanque



Fuente: Internet – <https://www.youtube.com/watch?v=YA3XUEIcXA0> / Elaboración Propia

Estas válvulas se mantienen cerradas para evitar que los vapores del producto salgan fuera del tanque (e). Abren a una presión determinada cuando hay un exceso de presión dentro del tanque (g) y también a un vacío determinado cuando hay un exceso de vacío dentro del tanque (f).

Figura 15 Operación de una Válvula Presión-Vacío

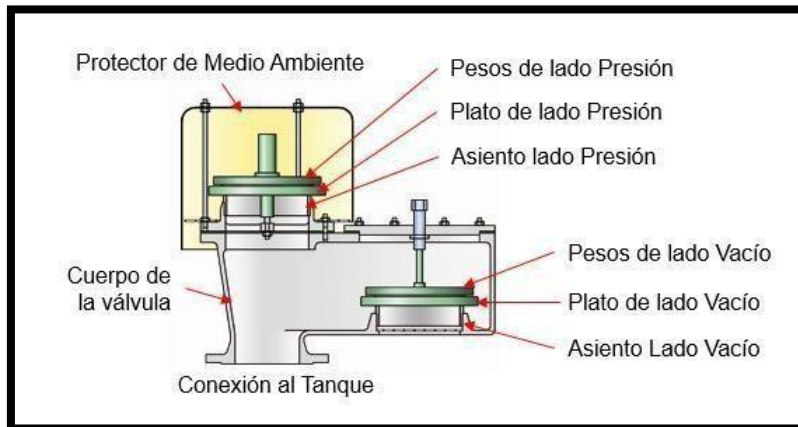


Fuente: Internet – <https://www.youtube.com/watch?v=YA3XUEIcXA0> / Elaboración propia

Partes de una Válvula de Presión-Vacío.

Debido a que no hay una norma constructiva para estos dispositivos el diseño de las válvulas de Presión Vacío depende mucho de los fabricantes, sin embargo la mayoría de fabricantes han adoptado diseños muy similares. Las válvulas de Presión-Vacío tienen un lado de presión y un lado de vacío. Cada lado se calibra por pesas para presiones hasta 60mbar y con resortes para valores mayores a 60mbar. Las partes principales son: Disco, Asiento y pesos.

Figura 16 Partes de una Válvula de Presión-Vacío.



Fuente: *Basic Trainig – Work Shop – Entrenamiento Corporativo de fábrica Protego.*

Figura 17 Válvula de Presión-Vacío accionada por Resorte.



Fuente: Internet - <https://storagetech.de/proje/pressure-vacuum-relief-valve-top-mounted-end-of-line-spring-loaded/74/>

2.1.1.2.2. Ventilas de Emergencia

Estas válvulas sólo operan cuando hay fuego externo sobre el tanque y se genere un flujo de evaporación del producto almacenado extremadamente grande de modo que las válvulas de Presión-Vacío son insuficientes para aliviar este flujo.

Generalmente son de grandes dimensiones (desde 8" hasta 28" de diámetro) y deben permanecer cerradas durante la operación normal de carga y descarga del tanque o ante los efectos térmicos generados por la temperatura del medio ambiente.

Figura 18 Fuego externo afectando a Tanques de Almacenamiento.



Fuente: Captura de Video – <https://www.youtube.com/watch?v=1cJ9n8KaHgY>

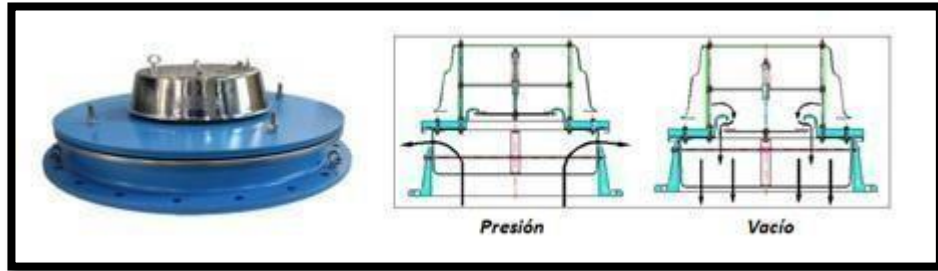
El diseño de una ventila de emergencia es simple. Básicamente es una tapa de manhole que se abre a una determinada presión. Se pueden dividir en 3 tipos: Las que se calibran por peso, las que se calibran con resorte y las que tienen válvula de vacío.

Figura 19 Ventila de Emergencia de Calibración por Peso y por Resorte



Fuente: Internet <https://www.komachine.com/en/companies/topsafe/products/117848-KSEP/>

Figura 20 Ventila de Emergencia con válvula de vacío.



Fuente:

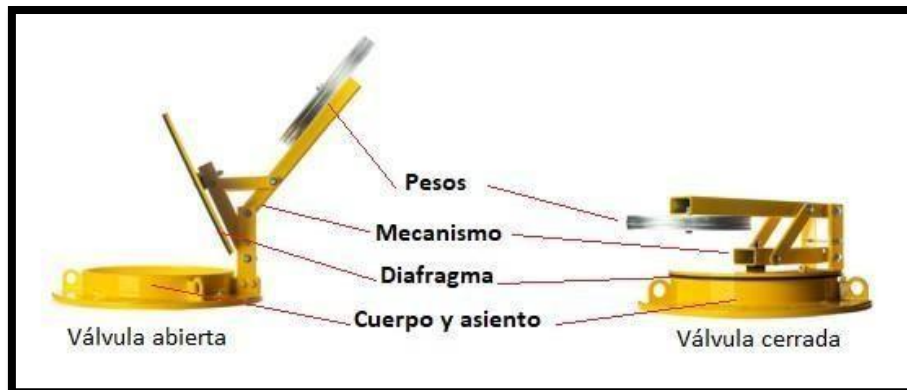
<http://www.ikspc.com/common/images/pdf/Emergency%20Vent%20Cover%20Manual.pdf> / Elaboración propia

Partes de una Ventila de Emergencia

Las ventilas de emergencia tienen 4 partes principales:

El cuerpo (Asiento), La tapa, El mecanismo y, en algunos diseños, un diafragma como sello entre la tapa y el cuerpo.

Figura 21 Partes de una Ventila de Emergencia.



Fuente: <https://hawk-eye.com/products/tankage/venting/series-5000-emergency-pressure-relief-vent/> / Elaboración propia

2.1.1.2.3. Cálculo de Flujo de Venteo Requerido.

El procedimiento de cálculo del flujo de venteo requerido para los tanques de almacenamiento atmosférico está indicado en el API 2000.

Es importante mencionar que la norma API 2000 tuvo un cambio en las fórmulas del cálculo de venteo a partir de la 6ta edición (2008) en el cual se utilizan factores de acuerdo a la latitud en donde estará operando el tanque para determinar el flujo de admisión de aire por efecto térmico.

2.1.1.2.3.1. Exhalación de aire requerido durante Carga del Tanque

Esto ocurre cuando se está llenando el tanque con una bomba y dependiendo si el fluido almacenado en el tanque tiene una presión de vapor menor a 5 kPa se usa la fórmula (6). Si la presión de vapor del fluido es mayor a 5 kPa se usa la fórmula (6.1)

$$V_{o\ p} = V_{pf} \quad (6) \qquad V_{o\ p} = 2 \times V_{pf} \quad (6.1)$$

Donde:

$V_{o\ p}$ = Flujo de exhalación de aire (m³/h)

V_{pf} = Máximo Caudal de carga de la bomba (m³/h)

2.1.1.2.3.2. Exhalación de aire requerido por Efecto Térmico

Este efecto térmico es debido al calentamiento de las paredes externas del tanque por la radiación solar. Para calcular este flujo de aire se usa la fórmula (7):

$$V_{OT} = Y \times V_{tk}^{0.9} \times R_i \quad (7)$$

Donde:

V_{OT} = Flujo de exhalación de aire por efecto térmico (Nm³/h)

Y= Factor por la Latitud geográfica (Tabla 5)

R_i = Factor por Aislamiento Térmico

Si el tanque no tiene aislamiento térmico $R_i = 1$. Si Tiene aislamiento térmico, usar la fórmula (7.1):

$$R_i = \frac{1}{1 + \frac{h \times l_{in}}{\lambda_{in}}} \quad (7.1)$$

Dónde:

h = Coeficiente de transferencia de calor interior (W/m².K)

l_{in} = Espesor de la pared del aislamiento (m)

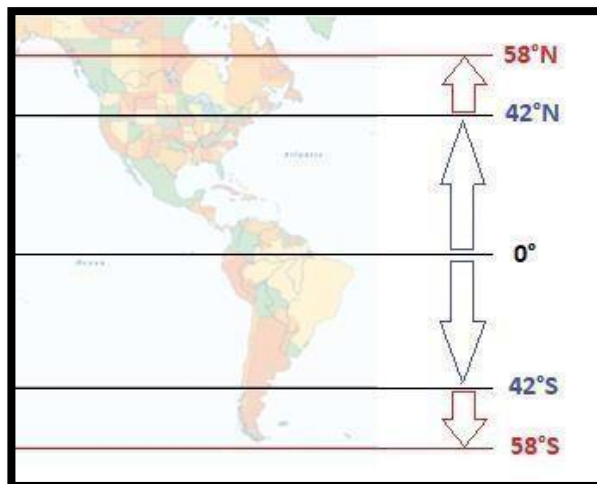
λ_{in} = Conductividad térmica del aislamiento (W/m.K)

Tabla 5 Factor Y de acuerdo a la Latitud

Latitude	Y-factor
Below 42°	0.32
Between 42° and 58°	0.25
Above 58°	0.20

Fuente: API2000 7th Edition; Venting Atmospheric and Low-pressure Storage Tanks, March 2014.

Figura 22 Latitud Geográfica. Nótese que Perú está ubicado < 42°S.



Fuente: Elaboración Propia

2.1.1.2.3.3. Inhalación de aire requerido durante Descarga del Tanque

Este evento ocurre cuando se está descargando el tanque mediante una bomba. Para calcular este flujo de aire se usa la fórmula (8):

$$V_{ip} = V_{p\ e} \quad (8)$$

Donde:

V_{ip} = Flujo de inhalación de aire (Nm³/h)

$V_{p\ e}$ = Máximo Caudal de descarga del Tanque (m³/h)

2.1.1.2.3.4. Inhalación de aire requerido por Efecto Térmico

Este efecto térmico es debido al enfriamiento de las paredes del tanque provocando la condensación de los vapores dentro del tanque y generando un vacío que debe ser aliviado. Para calcular este flujo de inhalación se usa la fórmula (9)

$$V_{IT} = C \times V_{tk}^{0.7} \times R_i \quad (9)$$

Donde:

V_{IT} = Flujo de inhalación de aire por efecto térmico (Nm³/h)

C = Factor que depende de la presión de vapor y de la Temperatura promedio (Tabla 6)

R_i = Factor por Aislamiento Térmico

Si el tanque no tiene aislamiento térmico $R_i = 1$. Si Tiene aislamiento térmico, usar la fórmula (7.1).

Tabla 6 Factor C

Latitude	C-factor for various conditions			
	Vapor pressure similar to Hexane		Vapor pressure higher than hexane, or unknown	
	Average storage temperature (°C)			
	< 25	≥ 25	< 25	≥ 25
Below 42°	4	6.5	6.5	6.5
Between 42° and 58°	3	5	5	5
Above 58°	2.5	4	4	4

Fuente: API2000 7th Edition; Venting Atmospheric and Low-pressure Storage Tanks, March 2014

2.1.2. Aspectos Normativos

- 2.1.2.1. **ASME Sec. VIII, Div. 1:** Reglas para la construcción de Recipientes a Presión.
- 2.1.2.2. **ASME Sec. I:** Reglas para construcción de Calderas de Vapor
- 2.1.2.3. **API RP 520 Part. I:** Dimensionamiento, selección e instalación de Dispositivos de alivio de presión en Refinerías - Dimensionamiento y Selección.
- 2.1.2.4. **API Std. 526:** Válvulas de alivio de presión de Acero Bridadas.
- 2.1.2.5. **API Std. 2000:** Cálculo para Venteo de Tanques Atmosféricos y de baja Presión.
- 2.1.2.6. **ISO 28300:** Cálculo para Venteo de Tanques Atmosféricos y de baja Presión. (Idéntico a API 2000 6ta Edición)

2.1.3. Simbología Técnica / Terminología

Contrapresión: Es la presión que se encuentra a la salida de la válvula de alivio de presión. Está compuesta por la *Contrapresión Propia*, que es la caída de presión que genera la construcción de tubería o sistema a la descarga de la válvula de alivio de presión; y la *Contrapresión Superpuesta*, que es la presión del fluido que se encuentra a la descarga de la válvula de alivio de presión.

$$\text{Contrapresión} = C.Propia + C.Superpuesta$$

Figura 23 Contrapresión de una Válvula de alivio de presión

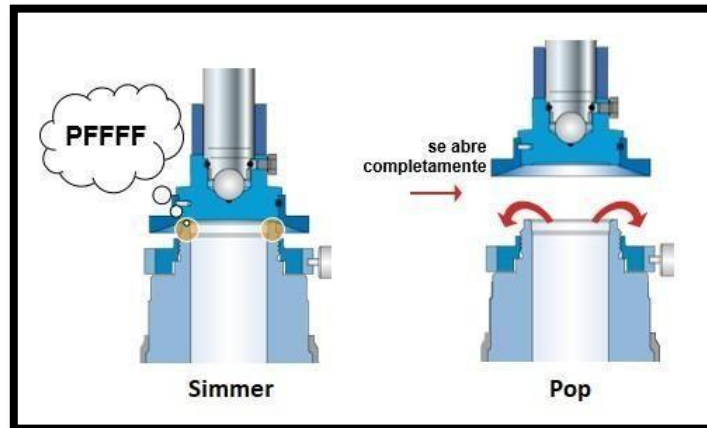


Fuente: *Leser Presentation Pool* – Entrenamiento corporativo de fabricante Leser

Presión de Set: Es la presión a la cual la válvula debe abrir bajo las condiciones del proceso para despresurizar el sistema o el equipo que protege. Existen 2 conceptos sobre la Presión de Set: *Simmer*, establecido como la primera descarga audible al probar la válvula en un banco de calibración; y *Pop*, establecido como el punto en que la válvula está abierta totalmente.

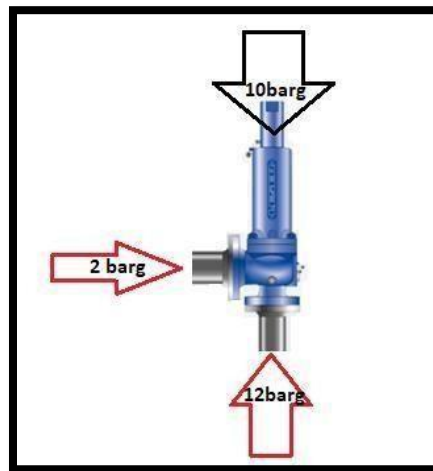
CDTP: Son las siglas de “Cold Differential Test Pressure” y es el valor de la presión con la cual se debe hacer el test de apertura de la válvula de alivio de presión en un banco de pruebas teniendo en cuenta la corrección en el ajuste por la contrapresión y la temperatura del proceso.

Figura 25 Concepto de Presión de Set de válvulas de alivio de Presión: Simmer y Pop



Fuente: *Leser Presentation Pool* – Entrenamiento corporativo de fábrica Leser

Figura 24 Efecto de contrapresión:
Contrapresión=2 barg, Set requerido=12 barg \rightarrow CDTP=10 barg



Fuente: Elaboración Propia

Sobrepresión: Es la presión por encima de la Presión de Set en el cual la válvula se abre completamente. Se utilizan diferentes sobrepresiones dependiendo de la aplicación: 3% para calderos; 10% para equipos ASME VIII; 16% cuando se utiliza más de una válvula de alivio de presión para un equipo; 21% para caso fuego externo.


Orificio Requerido: Es el área de orificio mínimo requerido calculado según las condiciones del proceso y usando el API RP 520.

Orificio Seleccionado: Es el área de orificio real de la válvula de alivio que se selecciona y que cumple con la capacidad requerida para la válvula de alivio de presión, generalmente mayor al orificio requerido.


Figura 26 Válvula de Alivio de Presión Certificada ASME "V" y "UV"

Certification Mark ("V" Stamp)


For Pressure Relief Valve that meet the requirements of ASME Section I Power Boiler, it shall be marked with official "V" Symbol [PG-73.4.3]




Old design V Stamp



A Relief Valve Nameplate with old certification mark "V"




New design V Stamp
[Fig PG-105.1]




A Relief Valve Nameplate with new certification mark "V"

Certification Mark (UV Stamp)


For Pressure Relief Valve of ASME Section VIII, it shall be marked with official UV Symbol [UG-129(a)(7)]



Old design UV Stamp



A Relief Valve Nameplate



New design UV Stamp
[Fig UG-129.1]

Fuente: <https://amarineblog.com/2019/12/13/certification-mark-uv-u-stamp-asme-viii/>

2.2. Descripción de las actividades desarrolladas.

En el 2015 inicié mis labores en la empresa **SISTEMAS TERMODINAMICOS E INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL**, que forma parte de un grupo de 3 empresas conocido como Grupo ABSISA, en el puesto de **Soporte Técnico** realizando las siguientes actividades:

- Seguimiento al servicio de Inspección y Mantenimiento de purgadores de vapor en Refinería la Pampilla,
- Propuestas de mejora en los sistema de purga de condensado en Refinería la Pampilla.
- Selección y especificación de equipos para vapor y recuperación de condensado para diversos clientes de la empresa.
- Selección y especificación de válvulas de alivio de presión para clientes de la empresa.

Luego de 2 años en la empresa pasé a manejar toda la división de **Sistemas Termodinámicos e Instrumentación Industrial** bajo el cargo de **Especialista de Producto y Mercado**, cargo que sigo ocupando hasta el día de hoy desarrollando las siguientes actividades:

- Asesoría al área de mantenimiento y/o proyectos de los clientes de la empresa en válvulas de seguridad y alivio, válvulas de presión-vacío, arrestallamas, discos de ruptura y dispositivos de manejo de vapor y recuperación de condensado.
- Elaboración de propuestas de mejora para los clientes de la empresa del sector Oil&Gas y Alimentos referente a válvulas de seguridad y alivio, válvulas de presión-vacío, arrestallamas, purgadores de vapor y servicios de mantenimiento y calibración de estos mismos dispositivos.

- Monitoreo de los servicios de calibración y mantenimiento de válvulas de seguridad y alivio brindando soluciones específicas a los diferentes clientes de la empresa a nivel nacional.
- Responsable de servicios de ingeniería específicos sobre dimensionamiento, cálculo y selección de válvulas de alivio seguridad y alivio, válvulas de presión-vacío o purgadores de vapor y recuperación de condensado.
- Colaboración con clientes de la empresa del sector de ingeniería y proyectos para la selección y especificación de dispositivos de alivio de presión en sus diversos proyectos.
- Algunos de los principales proyectos en los que trabajé son:
 - ✓ **DSM Marine Lipids Perú – Dimensionamiento y Selección de 94 válvulas de alivio.**
 - ✓ Refinería la Pampilla - Cálculo de válvulas de seguridad y alivio para proyecto de Lavado Cáustico
 - ✓ Proyecto Quellaveco - Cálculo de Válvulas de Seguridad y Alivio para Líneas de Agua de Relaves (Samson Controls)
 - ✓ Terminales del Perú - Cálculo y selección de válvulas de seguridad para esferas de GLP – Proyecto de Adecuación a la normativa peruana.
 - ✓ Petroperu Iquitos - Cálculo y selección de 32 válvulas de seguridad para renovación de equipos de refinería.
 - ✓ Petroperu Talara - Cálculo y selección de válvulas de alivio para el Proyecto de Modernización de Planta Comercial. (JS-Industrial)
 - ✓ Pluspetrol Pisco - Cálculo y selección de válvulas de alivio y Ventilas de Emergencia para tanques del Proyecto Diesel Blending.
 - ✓ Petroperu Talara – Cálculo y dimensionamiento de válvulas de presión-vacío con arrestallamas para el Plan Maestro de Tanques 2020.

2.2.1. Etapas de las Actividades

2.2.1.1. Elaboración de Plan de Trabajo y Presupuesto.

Se hizo un plan de trabajo y un cronograma basándonos en la cantidad de válvulas a dimensionar y en los tiempos que tomará realizar todo el trabajo, desde la gestión para inicio de labores en la planta hasta la ejecución del servicio y el tiempo de elaboración de los reportes finales.

- Revisión del Alcance del Proyecto
- Revisión del Cronograma del Proyecto
- Análisis de costos Directos e Indirectos
- Análisis de Riesgos que afecten al Proyecto

2.2.1.2. Toma de Datos de Proceso

Esta etapa incluye todo lo realizado desde que se ingresó a la planta del cliente. Se tomaron datos de presiones, temperaturas, caudales y características de los fluidos para realizar los cálculos de área de orificio requerido para cada punto de evaluación. Como parte final de esta etapa se identificaron a todas las válvulas de alivio del alcance de este proyecto que están instaladas y se detallaron sus características.

- Cursos de inducción de seguridad y Permisos de trabajo.
- Reunión Kick Off con el supervisor del servicio de DSM para dar inicio formalmente a los trabajos en planta.
- Reconocimiento de las diferentes área donde se van a evaluar las válvulas de alivio de presión.
- Tomar datos de los procesos para el dimensionamiento de las válvulas de alivio de presión.
- Identificar las características y especificaciones de las válvulas de alivio de presión actualmente instaladas.

2.2.1.3. **Elaboración de Cálculo y Dimensionamiento**

Para el cálculo del área de orificio requerido se usó el **API Recommended Practice 520** para las válvulas de alivio de presión y para el cálculo del venteo requerido para protección de tanques atmosféricos se utilizó el **API Standard 2000 7ma edición**. Se especificaron las válvulas adecuadas para cada punto de evaluación con su respectiva Letra de Orificio designado y tamaño de conexión de acuerdo al API Standard 526.

- Cálculo del área de orificio requerido para cada punto de estudio de acuerdo al API RP 520 y Flujo de venteo requerido para los tanques según API 2000 7ma edición.
- Especificación de las válvulas de Alivio de Presión requeridas de acuerdo al API Std 526.
- Verificación de cumplimiento de válvulas de alivio de presión instaladas de acuerdo a lo cálculos realizados
- Verificación si las válvulas de presión-vacío instaladas cumplen con las capacidades de Venteo requerido.

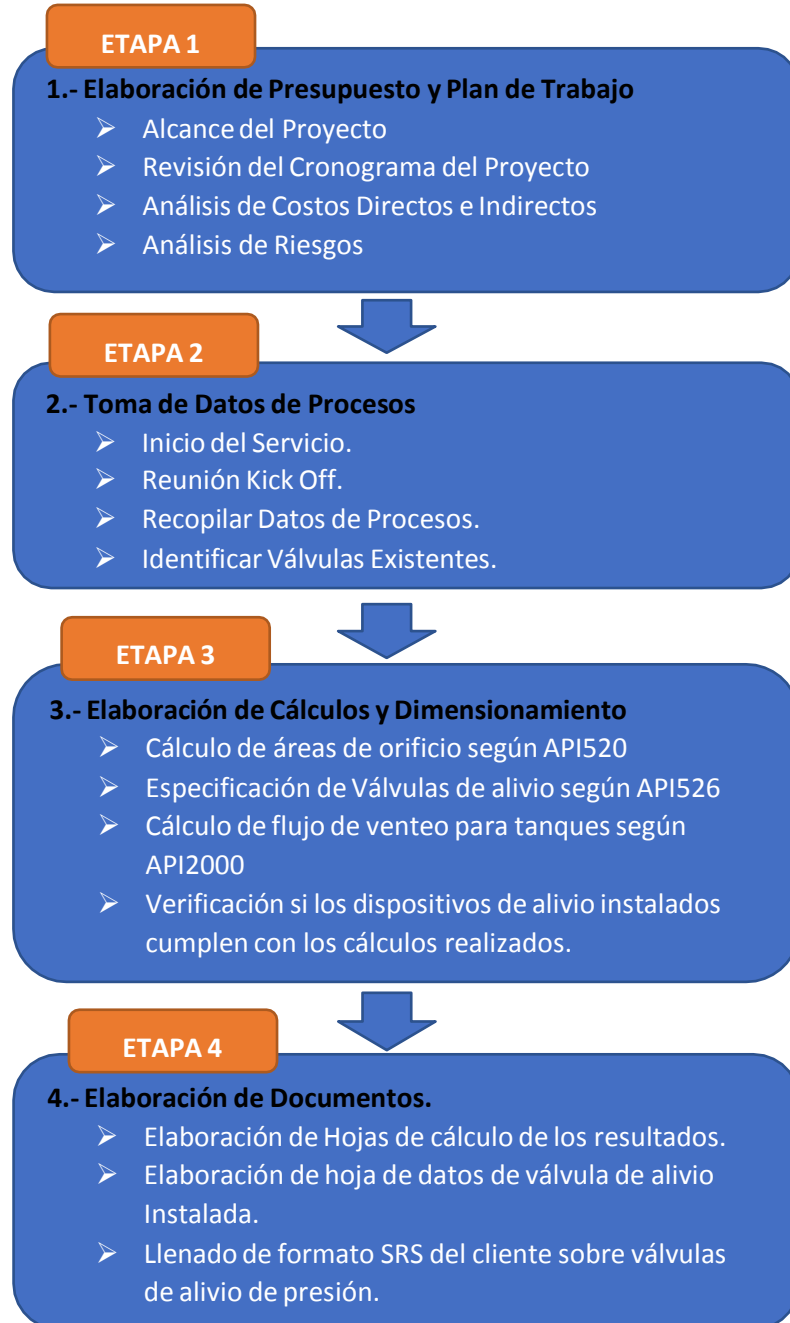
2.2.1.4. **Elaboración de Documentos.**

Esta última etapa corresponde a la elaboración de los documentos con los resultados obtenidos de los cálculos previos. Así como el llenado de un documento por válvula denominado "SRS" (Safety Relief Sheet) que es el formato con el cual el cliente gestiona las válvulas de alivio.

- Elaboración de las hojas de cálculo con los resultados obtenidos
- Elaboración de hoja de Información de las válvulas actualmente instaladas.
- Llenado de documento "SRS" proporcionado por el cliente para llenar información sobre cada válvula.

2.2.2. Diagrama de Flujo

Los procesos que se llevaron a cabo para realizar el servicio se dieron de la siguiente manera:



2.2.3. Cronograma de Actividades.

Las actividades para realizar el servicio se programaron de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 7 Cronograma de Actividades.

**ELABORACION Y VERIFICACION DE SRS PARA LAS VALVULAS DE ALIVIO DE PRESION DSM
SISTEMAS TERMODINAMICOS E INSTRUMENTACION INDUSTRIAL**

Inicio del proyecto: 22-Feb

	TAREA	INICIO	FIN
1.0	INDUCCION , CURSOS, INICIO	22-2-21	1-3-21
1.1	Recibir los cursos de Inducción y Seguridad	22-2-21	23-2-21
1.2	Recibir el curso de Permisos de Trabajo	24-2-21	26-2-21
1.3	Realiza la Reunión Kick Off	1-3-21	1-3-21
1.4	Instalación en DSM	1-3-21	1-3-21
2.0	RECOPIRAR DATOS DE PROCESO Y REALIZAR CÁLCULOS	2-3-21	4-4-21
2.1	Reconocer el área de trabajo	2-3-21	2-3-21
2.2	Recopilar información en Planta	2-3-21	4-4-21
2.3	Realizar cálculos para datos de Proceso faltantes	15-3-21	4-4-21
2.4	Realizar cálculos para determinar las áreas de orificio	22-3-21	4-4-21
3.0	IDENTIFICAR VÁLVULAS EXISTENTES	2-3-21	4-4-21
3.1	Levantamiento de información de las válvulas existentes	2-3-21	4-4-21
3.2	Determinar especificación de válvula existente.	15-3-21	4-4-21
3.3	Determinar si la válvula existente se ajusta al proceso.	22-3-21	4-4-21
4.0	ELABORAR DOCUMENTOS	5-4-21	25-4-21
4.1	Elaborar de informes de cálculo de PSV	5-4-21	18-4-21
4.2	Observaciones y Conformidad de Servicio	19-4-21	25-4-21

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 8 Gantt del proyecto - Cronograma

Actividades	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9
1.0	█								
1.1	█								
1.2		█							
1.3			█						
1.4				█					
2.0		█							
2.1			█						
2.2		█							
2.3				█					
2.4					█				
3.0		█							
3.1		█							
3.2				█					
3.3					█				
4.0						█			
4.1						█			
4.2								█	

Fuente: Elaboración Propia

III. APORTES REALIZADOS

3.1. Planificación, Ejecución y Control de las Etapas.

3.1.1. Planificación

3.1.1.1. Alcance:

El trabajo consiste en dimensionar 94 válvulas de alivio de presión para cada uno de las ubicaciones listadas en la Tabla 9. Así mismo también se debe identificar a las válvulas de alivio de presión actualmente instaladas y tomar registro de sus características.

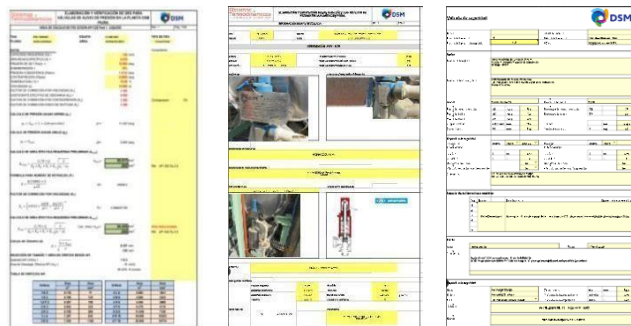
Como resultado del trabajo se debe presentar los siguientes documentos por cada válvula:

- ✓ Hoja de cálculo del área de orificio según API520
- ✓ Hoja de Información de válvula de alivio instalada
- ✓ Documento SRS (Safety Relief Sheet)

El Documento SRS es un formato del cliente en el cual se registra información del equipo a proteger, datos de proceso, válvula dimensionada y válvula actualmente instalada.

Finalmente se debe entregar un listado señalando en qué casos la válvula de alivio de presión instalada no cumple con la válvula dimensionada en este proyecto.

Figura 27 Documentos a entregar por cada Válvula.



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 9 Listado de Válvulas del alcance del proyecto.

N°	TAG	Área	N°	TAG	Área	N°	TAG	Área
1	PSV 14002421	1	33	PSV 0500052_2	4	65	PSV- 1134A	9
2	PSV 14002481A	1	34	PSV 0500082B_2	4	66	PSV- 1134A - 1	9
3	PSV 14002481B	1	35	PSV 0500081B_1	4	67	PSV 0200003	8
4	PSV 0300001	2	36	PSV 0500292_2	4	68	1300PSV SAC/R	10
5	PSV 0300002	2	37	PSV 0500291_2	4	69	PSV 13001121A1	9
6	PSV 0300003	2	38	PSV 0500081A_2	4	70	PSV 13001121A2	9
7	PSV 2600002	2	39	PSV 0500131_2	4	71	PSV 13001121B1	9
8	PSV 0800003	3	40	PSV 0500091_2	4	72	PSV 13001121B2	9
9	PSV 0800002	3	41	PSV 0500092_2	4	73	PSV 13001104AC	9
10	PSV 0800004	3	42	PSV 0500001	5	74	PSV 13001104NA-A	9
11	PSV 0800006	3	43	PSV 0500002	5	75	PSV 130011041-A	9
12	PSV 0800007	3	44	PSV-F81B	6	76	PSV 13001121	9
13	PSV 0800005	3	45	PSV-F81C-1	6	77	PSV 2400003	11
14	PSV 0500021	4	46	PSV-F81C-2	6	78	PSV 2400004	11
15	PSV 0500022	4	47	PSV-F81B-1	6	79	PSV 2400001	12
16	PSV 0500011	4	48	PSV-F02A1	6	80	PSV-0001	13
17	PSV 0500251	4	49	PSV-F02A2	6	81	PSV 2200002	14
18	PSV 0500221	4	50	PSV-F78/16	6	82	PSV 2200003	14
19	PSV 0500052	4	51	PSV-F21C	6	83	PSV 2200005	14
20	PSV 0500082B	4	52	PSV-F21ST	6	84	PSV 2200006	14
21	PSV 0500081B	4	53	PSV-F21D	6	85	PSV 2300002	14
22	PSV 0500292	4	54	PSV-SAC/R-1	6	86	PSV 2200007	14
23	PSV 0500291	4	55	PSV-F02A1-1	6	87	PSV-2200008	14
24	PSV 0500081A	4	56	PSV-F02A2-1	6	88	PSV-2200001	14
25	PSV 0500131	4	57	PSV-F82A	6	89	PSV-2200004	14
26	PSV 0500091	4	58	PSV-F82C	6	90	PSV-2300001	14
27	PSV 0500092	4	59	PSV-F46OV	6	91	PSV 0700001	15
28	PSV 0500021_2	4	60	PSV 0100002	7	92	PSV 0700050	15
29	PSV 0500022_2	4	61	PSV 0100001	7	93	PSV 0700081	15
30	PSV 0500011_2	4	62	PSV 0100004	7	94	700- PSV-F1016A	15
31	PSV 0500251_2	4	63	PSV 0100003	7			
32	PSV 0500221_2	4	64	PSV 0200003	8			

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 10 Áreas de la planta.

N°	Area	Cantidad
1	Acidulación-Mero	3
2	Blanqueo	4
3	Desodorización	6
4	Destilación	28
5	Destilación Comunes	2
6	Fraccionamiento-Merlín	16
7	Hidrolisis	4
8	Neutralización	2
9	Neutralización-Mero	10
10	Neutralización/Acidulación Mero	1
11	Seguridad	2
12	Servicios	1
13	Subestación	1
14	Vapor	10
15	Winterización	4
		94

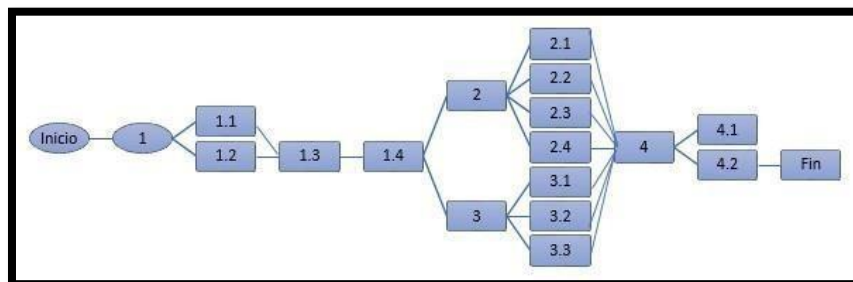
Fuente: Elaboración Propia

3.1.1.2. Cronograma

De acuerdo al alcance del proyecto se realizó un cronograma de actividades (Tablas 7 y 8) para cumplir con los requisitos del cliente. La duración de las actividades se basó en la estimación análoga, pues la empresa ha realizado varios trabajos similares para otros clientes.

Para un mejor entendimiento de la secuencia de las actividades se elaboró el siguiente diagrama de red (Figura 28):

Figura 28 Diagrama de red de Actividades



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 11 Lista de Actividades

1. INICIO DE SERVICIO
1.1 Recibir los cursos de Inducción y Seguridad
1.2 Recibir el curso de Permisos de Trabajo
1.3 Realizar la Reunión Kick Off
1.4 Instalación en DSM
2. RECOPIRAR DATOS DE PROCESOS Y REALIZAR CALCULOS
2.1 Reconocer el área de trabajo
2.2 Recopilar información en Planta
2.3 Realizar cálculos para datos de Proceso faltantes
2.4 Realizar cálculos para determinar las áreas de orificio
3. IDENTIFICAR VALVULAS EXISTENTES
3.1 Recopilar información de las válvulas de alivio instaladas
3.2 Determinar especificación de válvula existente.
3.3 Determinar si la válvula existente se ajusta al proceso.
4. ELABORAR DOCUMENTOS
4.1 Elaborar documentos de cálculo de Válvulas de Seguridad
4.2 Observaciones y Conformidad de Servicio

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede ver en las Tabla 9 y Tabla 10, la mayor cantidad de válvulas están en las áreas 4, 6, 9 y 14 de la planta, motivo por el cual se empezó por estas áreas ya que la gestión de permisos de trabajo es demasiado larga y no es conveniente hacer toda esa gestión para áreas donde sólo había 1 o 2 válvulas. Para las áreas en donde había una cantidad mínima se fue con acompañamiento del Administrador de contrato debido a que la toma de datos no es intrusivo y se puede realizar con los procesos en operación.

Teniendo claro las actividades a realizar y la duración de cada una de acuerdo al diagrama de Gantt (Tablas 7 y 8) podemos realizar un presupuesto detallado que integre los costos asociados a cada actividad del proyecto.

3.1.1.3. Presupuesto

Basados en el Alcance y en el cronograma se elaboró el siguiente presupuesto para el proyecto:

Tabla 12 Presupuesto del Proyecto.

DIMENSIONAMIENTO Y SELECCION DE 94 VALVULAS DE ALIVIO EN PLANTA DSM-PIURA			
Cód.	Paquete de Trabajo	SUB TOTAL	TOTALES
1. MANO DE OBRA			S/ 30,240.00
1.1	1 ING Responsable Del Proyecto	S/ 10,900.00	
1.2	1 ING Soporte Técnico	S/ 8,740.00	
1.3	1 ING de Procesos Asistente	S/ 6,000.00	
1.4	2 ING Revisores, firma de Ing. Colegiados	S/ 4,600.00	
2. VIATICOS			S/ 22,686.00
2.1	Pasajes aéreos 3 personas Lima-Piura-Lima	S/ 4,500.00	
2.2	Movilidad Piura-Planta DSM - Piura	S/ 2,200.00	
2.3	1 Retorno: 2personas Piura-Lima-Piura	S/ 2,000.00	
2.4	Viáticos 1 semana previa para cursos.	S/ 1,036.00	
2.5	Alquiler de Departamento	S/ 3,000.00	
2.6	Alimentación Diaria	S/ 9,450.00	
2.7	Servicios y otros gastos	S/ 500.00	
3. CONSUMIBLES			S/ 14,326.32
3.1	Tableros, útiles de oficina, etc.	S/ 300.00	
3.2	Depreciación Cámara Termográfica FLIR	S/ 1,500.00	
3.3	Depreciación Tablet de recolección de datos	S/ 3,270.00	
3.4	Equipos de Protección Personal	S/ 900.00	
3.5	Uniforme de Trabajo c/ Cinta Reflectiva y logo.	S/ 750.00	
3.6	Consumibles.	S/ 1,236.32	
3.7	Reportes y uso de equipos de oficina	S/ 1,960.00	
3.8	Materiales y Epps protección Covid19	S/ 1,500.00	
3.09	Descarte de Covid x 3 personas C/3semanas	S/ 900.00	
3.10	Examen Médico Ocupacional x 3 personas	S/ 1,200.00	
3.11	SCTR para 3 Personas	S/ 330.00	
3.12	Antecedentes policiales penales y judiciales	S/ 480.00	
		TOTAL	S/ 67,252.32

Fuente: Elaboración Propia

3.1.2. Ejecución

Para ejecutar el servicio se contrató a un ingeniero de procesos con experiencia en refinería de petróleo o aceite para completar el equipo de trabajo y nos pueda orientar a comprender los procesos de la planta e identificar así los posibles eventos de sobrepresión.

3.1.2.1. Toma de Datos de Proceso

Con el permiso gestionado adecuadamente se inician las actividades de toma de datos de los procesos utilizando algunos instrumentos instalados en planta y la forma de obtener los datos se muestra en la tabla 13:

Tabla 13 Toma de Datos de Procesos

Dato	Detalle	Opción1	Opción2
Fluido/estado	Nombre del fluido y su estado de acuerdo al API RP 520 (Líquido, Gas, vapor de agua)	Información brindada por el cliente	-
Presión de Operación	Presión de operación normal en la línea de proceso	Manómetros instalados en las líneas de proceso	-
Presión de Diseño de Equipo	Máxima presión que admite un equipo. Esta referencia es para designar una Presión de Set para las Válvulas de alivio	Datos de placa de los equipos	Recomendaciones de ASME Sec.VIII Div1: Pset-Gas -> 110%Poperacion Pset-Liquido -> 120%Poperacion
Contrapresión	Presión a la descarga de la válvula de alivio	Manómetros instalados	-
Características del Fluido	Para el caso de Líquidos: densidad y viscosidad. Para el caso de Gases: Peso Molecular, Coeficiente de calores específicos y Factor de compresibilidad.	Información brindada por el cliente	-
Caudal	Flujo de líquido o gas que pasa por el sistema	Dato de Flujómetros instalados	Flujos máximos de las bombas para el caso de líquidos y de los compresores para el caso de gases.
Temperatura	Temperatura del fluido en operación.	Uso de Cámara termográfica	-

Fuente: Elaboración Propia

Presión de Operación: Se obtuvieron de los manómetros instalados en cada línea de proceso. En la mayoría de casos se contaba con un manómetro instalado en las tuberías de proceso o en los equipos. Para los procesos principales los manómetros contaban con señalización de colores de presión Normal (verde), Presión de Riesgo (amarillo) y presión crítica (rojo). Esta señalización nos ayudó a identificar la máxima presión que se permite en ese proceso.

Fotografía 1 Manómetro con señalización de colores.



Fuente: Elaboración Propia

Fotografía 2 Manómetro en Manifold de Aire.



Fuente: Elaboración Propia

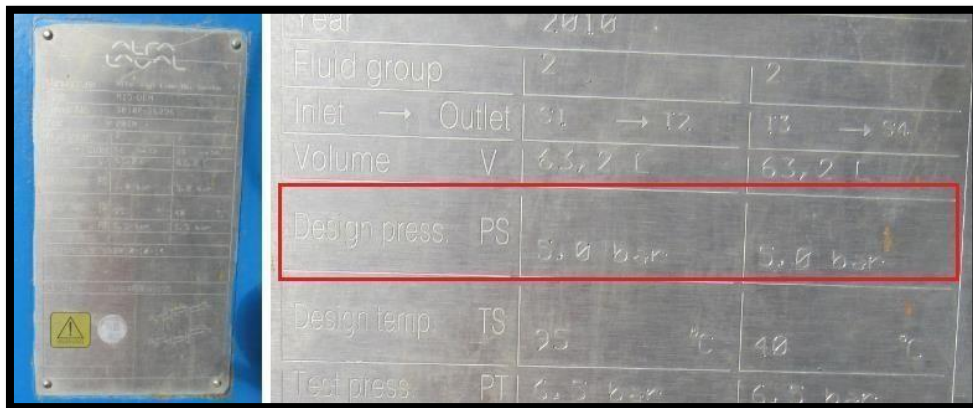
Fotografía 3 Manómetro en Tanque Pulmón de Nitrógeno.



Fuente: Elaboración Propia

Presiones de Diseño: Estos datos se obtuvieron de las placas de los mismos equipos, como es el caso de los intercambiadores de calor de tubo y coraza y de placas y bastidor. Este valor de presión nos sirve para determinar la Presión de Set de la válvula de seguridad y alivio. Para los equipos que no se contaba con placas de diseño nos basamos en las recomendaciones de ASME Sec. VIII Div. 1 definiendo la presión de Set de las válvulas de alivio de presión a un 10% por encima de la máxima presión de operación para los fluidos gaseosos y 20% para los fluidos líquidos.

Fotografía 4 Presión de Diseño Intercambiador de Placas y Bastidor = 5.0 bar.



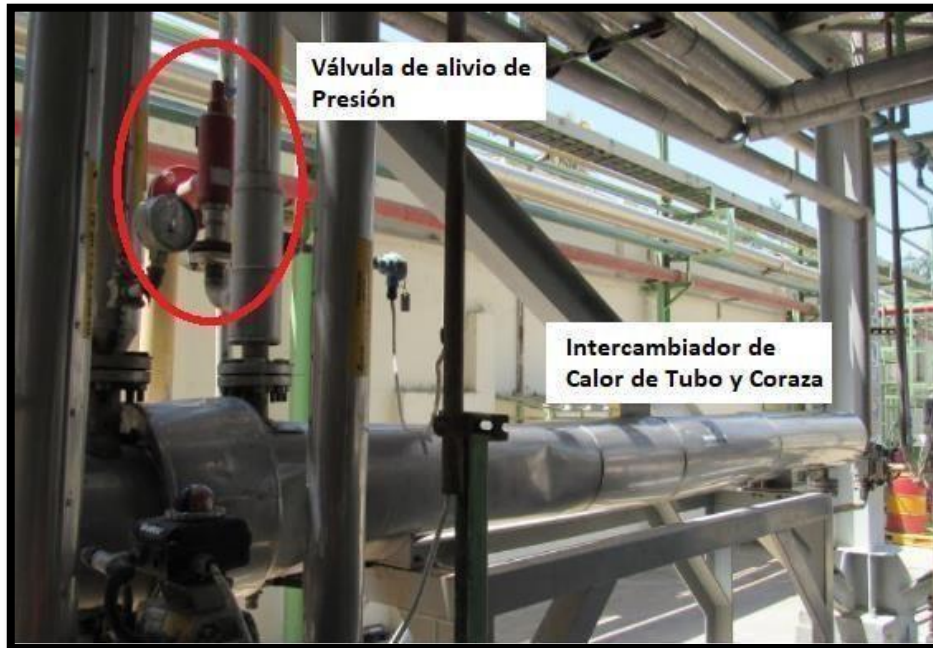
Fuente: Elaboración Propia

Fotografía 5 Presión de Diseño de Intercambiador de Tubo y Coraza: 150Psig lado Coraza; 300Psig lado tubo.



Fuente: Elaboración Propia

Fotografía 6 Intercambiador de Calor de Tubos y Coraza.



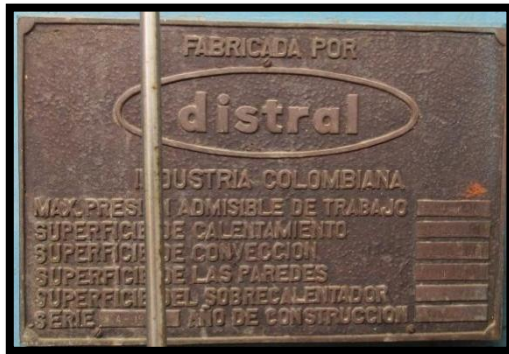
Fuente: Elaboración Propia

Fotografía 7 Intercambiador de Calor de Placas y Bastidor.



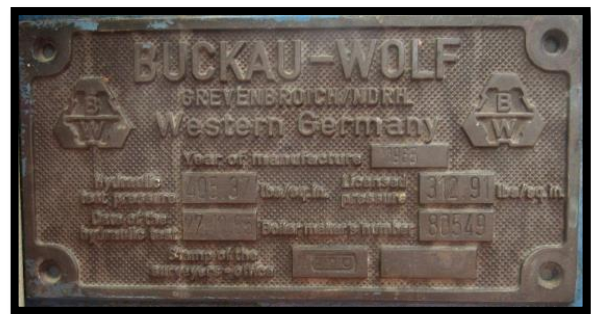
Fuente: Elaboración Propia

Fotografía 8 Placa de Caldera Distral.
Máxima presión admisible=230Psig.



Fuente: Elaboración Propia.

Fotografía 9 Placa de Caldera Buckau-Wolf.
Máxima presión de trabajo=312.9Psig



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía 11 Válvulas de Seguridad del
Caldero Buckao Wolf



Fuente: Elaboración Propia.

Fotografía 10 Válvulas de Seguridad de
Caldero Distral.



Fuente: Elaboración Propia.

Caudales o flujos: Se obtuvieron de los flujómetros que se tenían instalados en planta tanto para las líneas de aceite como para los troncales de vapor. Para el caso de aire y nitrógeno se usaron datos de los compresores y para algunas líneas de agua, diésel y aceite nos basamos en las capacidades máximas de las bombas.

Fotografía 13 Flujómetro de Aceite 1.



Fuente: Elaboración Propia.

Fotografía 12 Flujómetro de Aceite 2.



Fuente: Elaboración Propia.

Fotografía 14 Panel de Flujómetros de Vapor - Troncal Principal.



Fuente: Elaboración Propia

Temperaturas: Para determinar las temperaturas de operación se utilizó una cámara termográfica Digital para identificar las temperaturas existentes en varios puntos del proceso. Como se puede apreciar en la Figura 29, los puntos más calientes de las válvulas de alivio de presión son en la unión de disco con asiento de la válvula pues estas partes están en contacto permanente con el fluido.

Figura 29 Tomas termográficas de válvulas de alivio de presión.



Fuente: Elaboración Propia.

Características de válvulas Instaladas: Para la parte de Identificación de las válvulas de alivio de presión que están instaladas se usaron los catálogos de los diferentes fabricantes. Se tomaron en cuenta los accesorios que tienen estas válvulas de alivio de presión y la forma de instalación para brindar observaciones y/o sugerencias. Un dato importante a obtener es el coeficiente de Descarga real de las válvulas que conjuntamente con el área real de orificio nos servirá para verificar si la válvula cumple con la capacidad requerida.

Los datos obtenidos en esta etapa de recolección de datos se muestran en las tablas 14, 15, 16, y 17:

Tabla 14 Datos para Dimensionar Válvulas de alivio de presión para Gases

N°	TAG	FLUIDO	Pset (barg)	OverPres (%)	Pback (barg)	W (Kg/h)	M	T (°C)	k	Z
6	PSV 0300003	Nitrógeno	5	10%	0	94.08	14	30	1.4	1
7	PSV 2600002	Aire	8	10%	0	172.2	29	30	1.4	1
62	PSV 0100004	Aire	2.99	10%	0	678.96	29	60	1.4	1
63	PSV 0100003	Aire	1.99	10%	0	44.608	29	30	1.4	1
77	PSV 2400003	Aire	8	10%	0	861.82	29	30	1.4	1
78	PSV 2400004	Aire	8	10%	0	861.82	29	30	1.4	1
79	PSV 2400001	Aire	8	10%	0	5166	29	30	1.4	1

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 15 Datos para Dimensionar Válvulas de alivio de presión para Vapor de Agua

N°	TAG	FLUIDO	Pset (barg)	OverPres (%)	Pback (barg)	W (Kg/h)
27	PSV 0500092	Vapor de Agua	10	10%	0	108.53
41	PSV 0500092_2	Vapor de Agua	10	10%	0	108.53
42	PSV 0500001	Vapor de Agua	8.62	10%	0	108.53
54	PSV SAC/R-1	Vapor de Agua	4.5	10%	0	298.5
60	PSV 0100002	Vapor de Agua	2.99	10%	0	383.75
61	PSV 0100001	Vapor de Agua	2.99	10%	0	153.5
64	PSV 0200003	Vapor de Agua	3.5	10%	0	278.57
67	PSV 0200003	Vapor de Agua	3.5	10%	0	278.57
68	1300PSV SAC/R	Vapor de Agua	4	10%	0	511.66
81	PSV 2200002	Vapor de Agua	13.8	3%	0	9000
82	PSV 2200003	Vapor de Agua	13.5	3%	0	9000
83	PSV 2200005	Vapor de Agua	12.5	3%	0	12000
84	PSV 2200006	Vapor de Agua	13.2	3%	0	12000
94	PSV 0700002	Vapor de Agua	6.9	10%	0	298.47

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 16 Datos para Dimensionar Válvulas de alivio de presión para Líquidos

N°	TAG	FLUIDO	Pset (barg)	Pback (barg)	Q (l/min)	G	u (cP)
1	PSV 14002421	Aceite Acidulado	10	0	100	0.97	10
2	PSV 14002481A	Agua	9	0	174	1	1
3	PSV 14002481B	Agua	6	0	438	1	1
4	PSV 0300001	Aceite de Pescado	5	0.05	115.7	0.97	10
5	PSV 0300002	Aceite de Pescado	5	0.05	115.7	0.97	10
8	PSV 0800003	Agua	5	0	230.4	1	1
9	PSV 0800002	Aceite	5	0	302.4	0.97	25
10	PSV 0800004	Aceite	6	0	302.4	0.97	25
11	PSV 0800006	Aceite de Pescado	6	0	302.4	0.86	25
12	PSV 0800007	Aceite de Pescado	6	0	302.4	0.86	25
13	PSV 0800005	Aceite Térmico	5	1	707.7	0.8	10
14	PSV 0500021	Aceite de Pescado	10	0	75.6	0.88	10
15	PSV 0500022	Aceite de Pescado	10	0	75.6	0.88	10
16	PSV 0500011	Aceite de Pescado	6.9	0.86	75.6	0.88	10
17	PSV 0500251	Agua fría	6.9	0	29.7	1	1
18	PSV 0500221	Agua fría	6.9	0	29.7	1	1
19	PSV 0500052	Agua Temperada	8.2	0	632.3	1	1
20	PSV 0500082B	Aceite de Pescado	10	0	75.6	0.88	25
21	PSV 0500081B	Agua fría	10	0	713.5	1	1
22	PSV 0500292	Aceite Térmico	20	0	1890	0.8	10
23	PSV 0500291	Agua fría	10	0	439.2	1	1
24	PSV 0500081A	Aceite de Pescado	10	0	75.6	0.88	10
25	PSV 0500131	Agua Temperada	6.9	0	142.3	1	1
26	PSV 0500091	Aceite de Pescado	10	0	75.6	0.88	25
28	PSV 0500021_2	Aceite de Pescado	10	0	75.6	0.88	10
29	PSV 0500022_2	Aceite de Pescado	10	0	75.6	0.88	10
30	PSV 0500011_2	Aceite de Pescado	6.9	0.86	75.6	0.88	25
31	PSV 0500251_2	Agua fría	6.9	0	29.7	1	1
32	PSV 0500221_2	Agua fría	6.9	0	29.7	1	1
33	PSV 0500052_2	Agua Temperada	8.2	0	632.3	1	1
34	PSV 0500082B_2	Aceite de Pescado	10	0	75.6	0.88	25
35	PSV 0500081B_1	Agua fría	10	0	713.5	1	1
36	PSV 0500292_2	Aceite Térmico	20	0	1890	0.8	10
37	PSV 0500291_2	Agua fría	10	0	439.2	1	1
38	PSV 0500081A_2	Aceite de Pescado	10	0	75.6	0.88	10
39	PSV 0500131_2	Agua Temperada	6.9	0	142.3	1	1
40	PSV 0500091_2	Aceite de Pescado	10	0	75.6	0.88	25
43	PSV 0500002	Aceite Térmico	8	0.78	1890	0.8	10

44	PSV F81B	Aceite de Pescado	10	0	71.8	0.97	25
45	PSV F81C-1	Aceite de Pescado	10	0	71.8	0.97	25
46	PSV F81C-2	Agua	10	0	98.3	1	1
47	PSV F81B-1	Aceite de Pescado	10	0	71.8	0.97	25
48	PSV F02A1	Agua fría	4	0	1829.5	1	1
49	PSV F02A2	Agua fría	4	0	1829.5	1	1
50	PSV F78/16	Agua fría	17	0.25	114.8	1	1
51	PSV F21C	Aceite	10	0	310	0.97	25
52	PSV F21ST	Aceite	10	0	41.6	0.97	25
53	PSV F21D	Agua	10	0	298.6	1	1
65	PSV 1134A	Ácido Cítrico	2.2	0	0.1	1.6	6.5
66	PSV 1134A - 1	Ácido Cítrico	2.2	0	0.1	1.6	6.5
69	PSV 13001121A1	Aceite Blanqueado	9	0	200	0.97	25
70	PSV 13001121A2	Aceite Blanqueado	9	0	200	0.97	25
71	PSV 13001121B1	Aceite Blanqueado	9	0	200	0.97	25
72	PSV 13001121B2	Aceite Blanqueado	9	0	200	0.97	25
73	PSV 13001104AC	Ac.Citrico/Aceite	9	0	200.4	1.6	25
74	PSV 13001104NA-A	Ac.Citrico/Aceite	9	0	200.8	1.6	25
75	PSV 130011041-A	Aceite Neutralizado	9	0	200	0.88	25
76	PSV 13001121	Aceite Neutralizado	6	0	200	0.88	25
80	PSV 0001	Diesel	10	0	540	0.87	114
85	PSV 2300002	Agua	30.34	0	321.7	1	1
86	PSV 2200007	Biodiesel	10	0	50	0.88	116
87	PSV 2200008	Biodiesel	10	0	50	0.88	116
88	PSV 2200001	Agua	14	0	416.7	1	1
89	PSV 2200004	Agua	14	0	416.7	1	1
90	PSV 2300001	Agua	6.28	0	383.3	1	1
91	PSV 0700001	Etilester	10	0	1045	0.9	25
92	PSV 0700050	Agua de Osmosis	6.5	0	166.7	1	1
93	PSV 0700081	Etilester	10	0	115	0.9	25

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 17 Datos para cálculo de Venteo de Tanques de Almacenamiento Atmosférico.

N°	TAG	FLUIDO	Vpf (m3/h)	Vpe (m3/h)	D (m)	H (m)	Pset (mbar)	Vset (mbar)
55	PSV F02A1-1	Aire	4.31	17.04	3.7	3.6	25	-5
56	PSV F02A2-1	Aire	17.04	17.04	3.7	3.6	25	-5
57	PSV F82A	Aire	17.04	62.4	2.65	4.5	25	-5
58	PSV F82C	Aire	62.4	18.6	2.65	4.5	25	-5
59	PSV F46OV	Aire	62.4	7.5	2.2	4.5	25	-5

Fuente: Elaboración Propia

3.1.3. Elaboración de Cálculo y Dimensionamiento

Para la elaboración de los cálculos de área de Orificio se usaron las fórmulas indicadas en el Marco Teórico del presente informe

- ✓ Para Gases, se emplearon las fórmulas (1), (2), (2.1), (3), (3.1)
- ✓ Para Vapor de agua se usaron las fórmulas (4) y (4.1)
- ✓ Para Líquidos se usaron las fórmulas (5), (5.1) y (5.2)
- ✓ Para Venteo de Tanques se usaron las fórmulas (6), (6.1), (7), (8) y (9)

Todos estos procedimientos de cálculo de acuerdo al API RP 520, API Std 526 y el API Std 2000 7ma Edición los introduje en hojas de cálculo de Excel que me permitieron obtener los resultados finales de forma rápida. Elaboré 5 hojas de cálculo para cubrir todos los casos del alcance del proyecto: **Gas Crítico, Gas Subcrítico, Vapor de Agua, Líquidos y Venteo de Tanques** (Anexo 1, 2, 3, 4 y 5)

Estas hojas de cálculo son una herramienta muy útil que elaboré en el 2018 para realizar el dimensionamiento de válvulas de alivio de presión para cualquier tipo de proceso, esta herramienta genera una hoja personalizada del dimensionamiento y selección de válvulas de alivio de presión para cada cliente y se adapta a las diferentes necesidades de los cliente y de los proyectos, pues es personalizable.

3.1.4. Identificación de Válvulas Existentes

En esta etapa del proyecto se identificaron todas las características de la válvula de alivio de presión como tipo, accesorios, modificaciones, condiciones de operación y otros detalles que tengan las válvulas de alivio y reconocer cuáles de estas características son necesarias o cuales no son adecuadas de acuerdo a cada aplicación.

Algunos de estos detalles son:

- ✓ Las válvulas de alivio de presión deben tener una palanca si es que el fluido es Aire, vapor o agua mayor a 60°C.
- ✓ Si hay una válvula de alivio de presión con palanca de alzamiento para fluido líquido, esta debe ser empacada, para evitar derrames cuando la válvula haga su apertura.
- ✓ Las válvulas de alivio de presión que tengan sellos blandos (Viton, EPDM, Buna-N, etc.) tienen un límite de temperatura y presión.
- ✓ Todas las válvulas de alivio de presión deben tener una placa en donde se indique por lo menos la presión de set y la capacidad de descarga real.
- ✓ Las válvulas de alivio de presión que están certificadas por ASME VIII o ASME I deben tener la estampa "UV" o "V" respectivamente en sus placas.
- ✓ Sólo algunos fabricantes de válvulas de alivio de presión admiten la instalación de forma horizontal.
- ✓ Los fuelles de balanceamiento se debe usar cuando existe contrapresión mayor al 10% de la presión de Set, en temperaturas muy elevadas o cuando se requiere aislar los internos de las válvulas del fluido de operación.

- ✓ Las válvulas de alivio de presión que siguen el estándar API526 se pueden identificar físicamente por la tobera sobresalida.
- ✓ Para aplicación de alivio térmico es suficiente una válvula de $\frac{3}{4}$ "x1".
- ✓ No pueden haber reducciones al ingreso ni a la salida de la válvula de alivio de presión.
- ✓ La máxima caída de presión que debe haber entre el equipo a proteger y la válvula de alivio de presión es de 3% con respecto a la presión de set.

Capacidad de Descarga Real de una Válvula de Alivio de Presión.

Para determinar cuál es la capacidad de descarga real de una válvula se debe emplear las fórmulas (2) y (3) para gases, (4) para vapor y (5) para líquido reemplazando los valores de A_{req} y K_d por los valores reales que indican los fabricante para obtener el valor de W (vapor y gases) o Q (líquidos) real de estas válvulas. De este modo determinamos si estas válvulas cumplen o no con el flujo requerido para cada punto. Recordemos que el API RP 520 sólo es un cálculo preliminar tomando en cuenta un coeficiente de descarga K_d teórico de 0.975 para gases y vapor y de 0.65 para líquidos, por lo que el resultado es un A_{req} teórico. Luego, la capacidad de descarga debe ser verificada con los valores de área y coeficiente de descarga real de cada válvula.

3.1.5. Elaboración de Documentos

Para recibir la conformidad del servicio se presentaron las hojas de cálculo de acuerdo al alcance del proyecto.

- ✓ Hoja de cálculo del área de orificio según API520
- ✓ Hoja de Información de válvula de alivio instalada
- ✓ Documento SRS

Para el caso de las válvulas de presión-vacío de los tanques de almacenamiento atmosférico se reemplazó la *Hoja de cálculo de área de orificio según API 520* por una *Hoja de cálculo de venteo requerido según API2000 7ma edición*, ya que esta última es el estándar que corresponde para los tanques atmosféricos.

Para cada una de las 94 válvulas se generaron 3 archivos, por lo que los documentos a entregar consistieron en 282 documentos

En la Tabla 18 se muestran las 41 válvulas de alivio de presión instaladas que no cumplen la capacidad requerida, por lo que el cliente debe realizar los cambios correspondientes para garantizar la seguridad en la planta.

Se adjunta los documentos entregados correspondientes a equipos representativos del proyecto:

- | | |
|--|-----------------|
| a. Intercambiador de Calor de Tubo y Coraza | <i>Anexo 6</i> |
| b. Intercambiador de Calor de Placas y Bastidor. | <i>Anexo 7</i> |
| c. Caldera de Vapor | <i>Anexo 8</i> |
| d. Manifold de Vapor | <i>Anexo 9</i> |
| e. Tanque Pulmón de aire Principal. | <i>Anexo 10</i> |
| f. Tanque de Almacenamiento Atmosférico | <i>Anexo 11</i> |

Tabla 18 Relación de Válvulas instaladas que no cumplen con la capacidad de descarga requerida.

Nro	TAG	OBSERVACIONES
1	PSV 14002421	No es ASME
2	PSV 14002481A	No es ASME
3	PSV 14002481B	No es ASME
4	PSV 0800004	Set mayor a Presión de Diseño
5	PSV 0800006	No cumple Capacidad Requerida
6	PSV 0800007	No cumple Capacidad Requerida
7	PSV 0500052	No cumple Capacidad Requerida
8	PSV 0500081B	Reducción de 1" a 1/2"
9	PSV 0500292	Set mayor a Presión de Diseño
10	PSV 0500291	No cumple Capacidad Requerida
11	PSV 0500131	Reducción de 1-1/2" a 1/2"
12	PSV 0500052_2	No cumple Capacidad Requerida
13	PSV 0500081B_1	Reducción de 1" a 1/2"
14	PSV 0500292_2	Set mayor a Presión de Diseño
15	PSV 0500291_2	No cumple Capacidad Requerida
16	PSV 0500131_2	Reducción de 1-1/2" a 1/2"
17	PSV 0500002	No es ASME
18	PSV-F21C	No cumple Capacidad Requerida
19	PSV-F21D	No cumple Capacidad Requerida
20	PSV 0100004	Reducción de 2" a 1"
21	PSV- 1134A - 1	No hay válvula Instalada
22	PSV 13001121A1	No cumple Capacidad Requerida
23	PSV 13001121A2	No cumple Capacidad Requerida
24	PSV 13001121B1	No cumple Capacidad Requerida
25	PSV 13001121B2	No cumple Capacidad Requerida
26	PSV 13001104AC	No cumple Capacidad Requerida
27	PSV 13001104NA-A	No cumple Capacidad Requerida
28	PSV 130011041-A	No cumple Capacidad Requerida
29	PSV 13001121	No cumple Capacidad Requerida
30	PSV 2400003	Se debería colocar 1 sola Válvula
31	PSV 2400004	Se debería colocar 1 sola Válvula
32	PSV 2400001	No cumple Capacidad Requerida
33	PSV-0001	No cumple Capacidad Requerida
34	PSV 2200005	No cumple Capacidad Requerida
35	PSV 2200006	No cumple Capacidad Requerida
36	PSV 2300002	No cumple Capacidad Requerida
37	PSV-2200004	No cumple Capacidad Requerida
38	PSV-2300001	La válvula instalada no es ASME
39	PSV 0700001	No cumple Capacidad Requerida
40	PSV 0700050	No cumple Capacidad Requerida
41	PSV 0700081	No cumple Capacidad Requerida

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 19 Válvulas de alivio de presión que si cumplen con la capacidad de descarga pero tienen alguna observación.

Nro	TAG	OBSERVACIONES
1	PSV 0300003	La Válvula instalada es para Caldero.
2	PSV 2600002	La Válvula instalada es para Caldero.
3	PSV 0800003	No es ASME
4	PSV 0800002	No es ASME
5	PSV 0800005	Reduccion de 4" a 2"
6	PSV 0500021	La Válvula instalada es para Aire
7	PSV 0500022	La Válvula instalada es para Aire
8	PSV 0500011	La Válvula está afectada por vibración.
9	PSV 0500092	Sin Palanca
10	PSV 0500021_2	La Válvula instalada es para Aire
11	PSV 0500022_2	La Válvula instalada es para Aire
12	PSV 0500011_2	La Válvula está afectada por vibración.
13	PSV 0500092_2	Sin Palanca
14	PSV-F02A1	sólo aplicación de alivio térmico
15	PSV-F02A2	sólo aplicación de alivio térmico
16	PSV-F78/16	No es necesario que sea pilotada
17	PSV 2200007	La válvula instalada no es ASME
18	PSV-2200008	La válvula instalada no es ASME

Fuente: Elaboración Propia

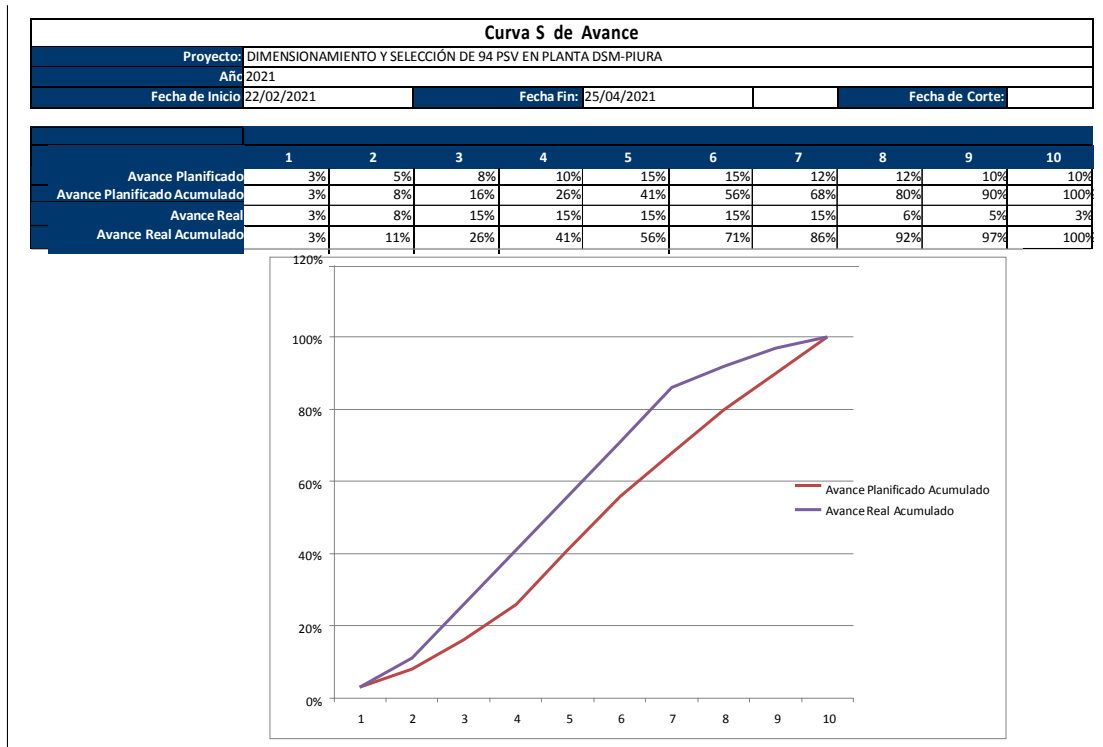
En la Tabla 19 se muestran 18 válvulas instaladas que si cumplen con la capacidad requerida, sin embargo tienen alguna observación que se deben tener en cuenta para realizar algún cambio.

3.2. Evaluación Técnica Económica.

Para el cliente DSM este trabajo representa un estudio de seguridad para validar la correcta selección de sus válvulas de alivio de presión en sus procesos, por lo que el retorno de inversión se verá reflejada en cuanto estos dispositivos de seguridad correctamente dimensionados actúen y eviten un accidente dentro de la planta salvaguardando así los bienes materiales, personal de la planta y la producción.

Como personal de SISTEMAS TERMODINAMICOS E INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL se buscó siempre optimizar costos de ejecución para que la rentabilidad del proyecto sea mayor. De este modo se logró gastar sólo el 58.92% del presupuesto, generando así una alta rentabilidad en este servicio para la empresa. Esto se logró reduciendo algunos gastos y consumibles y evitando usar partidas innecesarias sin perjudicar la ejecución der proyecto o el avance.

Figura 30 Curva S del Avance del Proyecto.



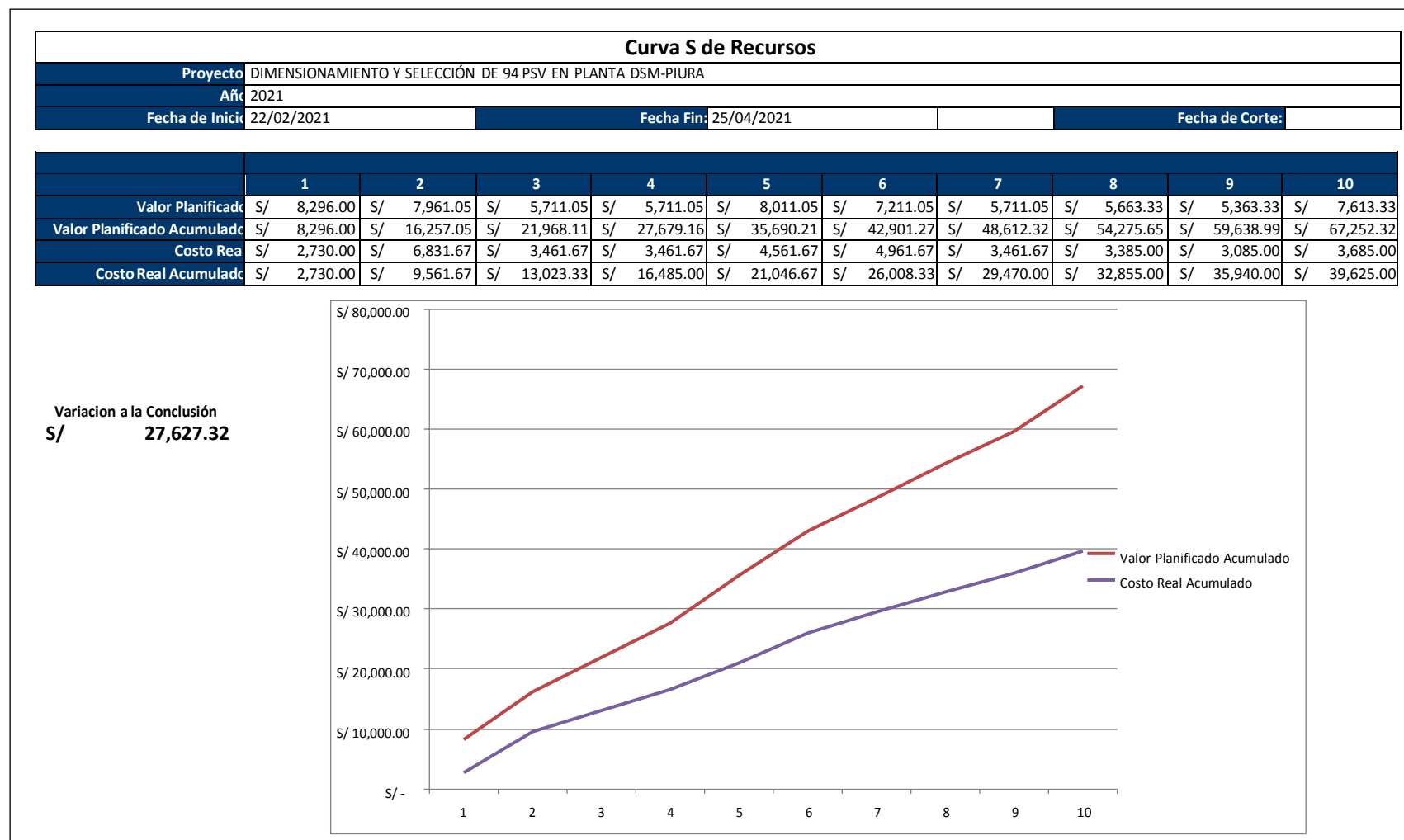
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 20 Costo real del Proyecto.

Cód.	Paquete de Trabajo	Semanas										SUB TOTAL
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1. MANO DE OBRA												
1.1	1 ING Responsable del Proyecto		777.78	777.78	777.78	777.78	777.78	777.78	777.78	777.78	777.78	7,000.00
1.2	1 ING Soporte Técnico		555.56	555.56	555.56	555.56	555.56	555.56	555.56	555.56	555.56	5,000.00
1.3	1 ING Asistente en Procesos		555.56	555.56	555.56	555.56	555.56	555.56	555.56	555.56	555.56	5,000.00
1.4	2 ING Revisores, Colegiados		222.22	222.22	222.22	222.22	222.22	222.22	222.22	222.22	222.22	2,000.00
2. VIATICOS												
2.1	Pasajes aéreos 3 personas Lima-Piura-Lima	600.00									600.00	1,200.00
2.2	Movilidad Piura-Planta DSM - Piura		100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	900.00
2.3	1 Retorno: x 2persona Piura-Lima-Piura					800.00						800.00
2.4	Viáticos 1 semana previa al servicio		0									
2.5	Alquiler de Departamento		1500.00				1500.00					3,000.00
2.6	Alimentación Diaria		735.00	735.00	735.00	735.00	735.00	735.00	735.00	735.00	735.00	6,615.00
2.7	Servicios y otros gastos		38.89	38.89	38.89	38.89	38.89	38.89	38.89	38.89	38.89	350.00
3. CONSUMIBLES												
3.01	Tableros, utiles de oficina, etc		130.00									130.00
3.02	Depreciación Cámara Termográfica FLIR		250.00	250.00	250.00	250.00	250.00	250.00				1,500.00
3.03	Depreciación Tablet de recolección de datos		200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00				1,200.00
3.04	Equipos de Protección Personal		690.00									690.00
3.05	Uniforme de Trabajo c/ Cinta Reflectiva y		750.00									750.00
3.06	Consumibles.		26.67	26.67	26.67	26.67	26.67	26.67				160.00
3.07	Reportes y uso de equipos de oficina								100.00	100.00	100.00	300.00
3.08	Epps y consumibles COVID 19	270.00										270.00
3.09	Descarte de Covid x 3 personas C/3semanas		300.00			300.00			300.00			900.00
3.10	Examen Medico Ocupacional x 3 personas	1050.00										1,050.00
3.11	SCTR para 3 Personas	330.00										330.00
3.12	Antecedentes policiales penales y judiciales	480.00										480.00
	TOTAL GASTO	2730.00	6831.67	3461.67	3461.67	4561.67	4961.67	3461.67	3385.00	3085.00	3685.00	39,625.00
	TOTAL % AVANCE	3%	8%	15%	15%	15%	15%	15%	6%	5%	3%	

Fuente: Elaboración Propia

Figura 31 Curva S de Recursos



Fuente: Elaboración Propia

3.3. Análisis de Resultados.

De los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 21 y podemos observar lo siguiente:

- Existe 41 válvulas de alivio de presión (Tabla 18) que no cumplen con la capacidad de descarga requerida. Dentro de las cuales:
 - Hay 25 válvulas cuya única observación es la capacidad insuficiente.
 - Hay 5 válvulas Instaladas que no cumplen con el código ASME.
 - Hay 5 válvulas que tienen reducciones al ingreso.
 - Hay 3 válvulas que tienen una presión de set por encima de la Presión de Diseño del equipo que protegen.
 - Hay 2 válvulas instaladas en aplicaciones donde sólo deben haber 1 sola válvula.
 - La válvula con TAG PSV-1134A-1 ha sido retirada.
- Se tienen 53 válvulas que si cumplen con la capacidad de descarga requerida, dentro de las cuales:
 - 35 válvulas están correctamente dimensionadas sin ninguna observación.
 - 4 válvulas diseñadas para Aire están instaladas en intercambiadores de líquido.
 - 2 válvulas diseñadas para Caldero y están instaladas en recipientes de aire y nitrógeno.
 - 4 válvulas no son certificadas ASME.

- 2 válvulas están sometidas a vibración constante.
 - 2 válvulas están dimensionadas sólo para alivio térmico.
 - 2 válvulas para aplicación de vapor no tienen palanca.
 - 1 válvula tiene una reducción de 4" a 2".
 - 1 válvulas es de diseño pilotada pudiendo ser una convencional.
- Todas las válvulas de alivio de presión que no cumplen con la capacidad requerida tiene que ser reemplazadas por otras de acuerdo al dimensionamiento según API RP 520.
- En una segunda etapa se deben subsanar las válvulas de alivio de presión que si cumplen con la capacidad de descarga pero tienen alguna observación.

Tabla 21 Resultados Obtenidos.

N°	TAG	Cumple Capacidad	OBSERVACIONES	SUGERENCIA
1	PSV 14002421	No	No es ASME	Cambio por una válvula ASME
2	PSV 14002481A	No	No es ASME	Cambio por una válvula ASME
3	PSV 14002481B	No	No es ASME	Cambio por una válvula ASME
4	PSV 0300001	Si		
5	PSV 0300002	Si		
6	PSV 0300003	Si	La Válvula instalada es para Caldero.	Cambio por una válvula para gas
7	PSV 2600002	Si	La Válvula instalada es para Caldero.	Cambio por una válvula para aire
8	PSV 0800003	Si	No es ASME	Cambio por una válvula ASME
9	PSV 0800002	Si	No es ASME	Cambio por una válvula ASME
10	PSV 0800004	No	Set mayor a Presión de Diseño	Cambio Presión de Set.
11	PSV 0800006	No	No cumple Capacidad Requerida	Cambio por una válvula ASME
12	PSV 0800007	No	No cumple Capacidad Requerida	Cambio por una válvula ASME
13	PSV 0800005	Si	Reducción de 4" a 2"	Eliminar la Reducción
14	PSV 0500021	Si	La Válvula instalada es para Aire	Cambio por una válvula para líquido
15	PSV 0500022	Si	La Válvula instalada es para Aire	Cambio por una válvula para líquido
16	PSV 0500011	Si	La Válvula está afectada por vibración.	Usar un Flexible corto.
17	PSV 0500251	Si		
18	PSV 0500221	Si		
19	PSV 0500052	No	No cumple Capacidad Requerida	Cambio por una válvula ASME
20	PSV 0500082B	Si		
21	PSV 0500081B	No	Reducción de 1" a 1/2"	Eliminar la Reducción
22	PSV 0500292	No	Set mayor a Presión de Diseño	Cambio Presión de Set.
23	PSV 0500291	No	No cumple Capacidad Requerida	Cambio por una válvula ASME
24	PSV 0500081A	Si		
25	PSV 0500131	No	Reducción de 1-1/2" a 1/2"	Eliminar la Reducción
26	PSV 0500091	Si		
27	PSV 0500092	Si	Sin Palanca	Cambio por una válvula ASME para vapor
28	PSV 0500021_2	Si	La Válvula instalada es para Aire	Cambio por una válvula para líquido
29	PSV 0500022_2	Si	La Válvula instalada es para Aire	Cambio por una válvula para líquido
30	PSV 0500011_2	Si	La Válvula está afectada por vibración.	Usar un Flexible corto.
31	PSV 0500251_2	Si		
32	PSV 0500221_2	Si		
33	PSV 0500052_2	No	No cumple Capacidad Requerida	Cambio por una válvula ASME
34	PSV 0500082B_2	Si		
35	PSV 0500081B_1	No	Reducción de 1" a 1/2"	Eliminar la Reducción

36	PSV 0500292_2	No	Set mayor a Presión de Diseño	Cambio Presión de Set.
37	PSV 0500291_2	No	No cumple Capacidad Requerida	Cambio por una válvula ASME
38	PSV 0500081A_2	Si		
39	PSV 0500131_2	No	Reducción de 1-1/2" a 1/2"	Eliminar la Reducción
40	PSV 0500091_2	Si		
41	PSV 0500092_2	Si	Sin Palanca	Cambio por una válvula ASME para vapor
42	PSV 0500001	Si		
43	PSV 0500002	No	No es ASME	Cambio por una válvula ASME
44	PSV-F81B	Si		
45	PSV-F81C-1	Si		
46	PSV-F81C-2	Si		
47	PSV-F81B-1	Si		
48	PSV-F02A1	Si	sólo aplicación de alivio térmico	
49	PSV-F02A2	Si	sólo aplicación de alivio térmico	
50	PSV-F78/16	Si	No es necesario que sea pilotada	
51	PSV-F21C	No	No cumple Capacidad Requerida	Cambio por una válvula ASME
52	PSV-F21ST	Si		
53	PSV-F21D	No	No cumple Capacidad Requerida	Cambio por una válvula ASME
54	PSV-SAC/R-1	Si		
55	PSV-F02A1-1	Si		
56	PSV-F02A2-1	Si		
57	PSV-F82A	Si		
58	PSV-F82C	Si		
59	PSV-F46OV	Si		
60	PSV 0100002	Si		
61	PSV 0100001	Si		
62	PSV 0100004	No	Reducción de 2" a 1"	Eliminar la Reducción
63	PSV 0100003	Si		
64	PSV 0200003	Si		
65	PSV- 1134A	Si		
66	PSV- 1134A - 1	No	No hay válvula Instalada	Colocar una válvula ASME
67	PSV 0200003	Si		
68	1300PSV SAC/R	Si		
69	PSV 13001121A1	No	No cumple Capacidad Requerida	Cambio por una válvula ASME
70	PSV 13001121A2	No	No cumple Capacidad Requerida	Cambio por una válvula ASME
71	PSV 13001121B1	No	No cumple Capacidad Requerida	Cambio por una válvula ASME
72	PSV 13001121B2	No	No cumple Capacidad Requerida	Cambio por una válvula ASME
73	PSV 13001104AC	No	No cumple Capacidad Requerida	Cambio por una válvula ASME
74	PSV 13001104NA-A	No	No cumple Capacidad Requerida	Cambio por una válvula ASME

75	PSV 130011041-A	No	No cumple Capacidad Requerida	Cambio por una válvula ASME
76	PSV 13001121	No	No cumple Capacidad Requerida	Cambio por una válvula ASME
77	PSV 2400003	No	Se debería colocar 1 sola Válvula	Reemplazar por una válvula ASME
78	PSV 2400004	No	Se debería colocar 1 sola Válvula	Reemplazar por una válvula ASME
79	PSV 2400001	No	No cumple Capacidad Requerida	Cambio por una válvula ASME
80	PSV-0001	No	No cumple Capacidad Requerida	Cambio por una válvula ASME
81	PSV 2200002	Si		
82	PSV 2200003	Si		
83	PSV 2200005	No	No cumple Capacidad Requerida	Cambio por una válvula ASME
84	PSV 2200006	No	No cumple Capacidad Requerida	Cambio por una válvula ASME
85	PSV 2300002	No	No cumple Capacidad Requerida	Cambio por una válvula ASME
86	PSV 2200007	Si	La válvula instalada no es ASME	Cambio por una válvula ASME
87	PSV-2200008	Si	La válvula instalada no es ASME	Cambio por una válvula ASME
88	PSV-2200001	Si		
89	PSV-2200004	No	No cumple Capacidad Requerida	Cambio por una válvula ASME
90	PSV-2300001	No	La válvula instalada no es ASME	Cambio por una válvula ASME
91	PSV 0700001	No	No cumple Capacidad Requerida	Cambio por una válvula ASME
92	PSV 0700050	No	No cumple Capacidad Requerida	Cambio por una válvula ASME
93	PSV 0700081	No	No cumple Capacidad Requerida	Cambio por una válvula ASME
94	PSV 0700002	Si		

Fuente: Elaboración Propia

IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión:

- Es importante conocer las propiedades de los fluidos con los que se opera ya que estas características nos permitirán seleccionar válvulas, equipos y dispositivos adecuados para cada proceso.
- Llerena T. Luis y Lobato A. Esteban (2012), en su Trabajo de Grado titulado “Diseño, construcción y calibración de válvulas de seguridad de 2” y 4” para recipientes a presión, que cumpla el código ASME Sección VIII, para la empresa Codequality S.A.” dieron por hecho que la válvula que diseñaron cumpliría con la sobrepresión del 10%. Sin embargo la sobrepresión se determina haciendo pruebas de caudal y de apertura total y el diseño del disco debe ser acampanado para que genere una apertura rápida y no en forma de tapón como una válvula de globo. Lo más seguro es que la válvula fabricada tenga una apertura proporcional con una sobrepresión por encima del 10%.
- Añadiendo a lo indicado por la Srta. Sócalo E. Karen (2020) en su Tesis de Grado titulado “Propuesta de aplicación del estudio de métodos para mejorar la productividad en el proceso de calibración y mantenimiento de válvulas de seguridad y alivio de la Empresa Stork Perú SAC en la Central Térmica Malacas – Talara 2020” una forma para mejorar los tiempos de mantenimiento y calibración es cambiar las válvulas de alivio de presión de sellos metálicos por unas de sellos blandos, pues de esta forma se reemplaza la actividad de asentado de superficies metálicas a reemplazo de Oring. De esta forma también se garantiza una mayor estanqueidad. Se debe tener cuidado con las limitantes de presión y temperatura de estos elastómeros.

4.2. Conclusiones:

- Se dimensionó y seleccionó las 94 válvulas de alivio de presión, para proteger la planta de DSM LIPIDS MARINE en Piura, dentro de las cuales 89 corresponden a sistemas presurizados y 5 corresponden a Tanques de almacenamiento atmosférico.
- Se obtuvo toda la información necesaria de los diferentes procesos de la planta para realizar el dimensionamiento correcto de las válvulas de alivio de presión.
- Se identificaron las presiones de diseño de los equipos protegidos para definir la presión de Set de las válvulas de alivio de presión.
- Para los casos en los que no se contaba con el valor de la presión de diseño se usó como presión de set un valor 10% por encima de la máxima presión de operación para gases y 20% para líquidos como se sugiere en ASME VIII, Div.1. Esto para definir las presiones a las cuales las válvulas deben abrir.
- Se calculó el área de orificio requerido de 89 válvulas de alivio de presión según API RP 520 y se calcularon los flujos de venteo requerido de 5 tanques de almacenamiento atmosférico según API STD 2000.
- Se identificaron las 94 válvulas de alivio de presión instaladas y se detallaron sus características y especificación de acuerdo a cada fabricante para que el cliente pueda saber las características de estos dispositivos de seguridad.

V. RECOMENDACIONES

- Cambiar las válvulas de alivio de presión que no cumplen con la capacidad requerida por otras válvulas de alivio de presión certificadas ASME de acuerdo al dimensionamiento realizado.
- Mantener una bitácora por cada válvula de alivio de presión con todos los datos de especificación de estas válvulas y los registros de mantenimiento de calibración para realizar una toma de decisión adecuada.
- Estandarizar las válvulas de alivio de presión ya que mantener una población muy variada de modelos y fabricantes obliga a la empresa a mantener un stock muy amplio de repuestos para el mantenimiento.
- Implementar un plan de mantenimiento adecuado para las válvulas de alivio de presión siguiendo los estándares API 527 y API 576.
- Realizar un plan de capacitación sobre válvulas de alivio de presión al personal de planeamiento, mantenimiento y proyectos para ampliar el conocimiento de estos dispositivos de seguridad y poder tomar acciones correctivas de forma inmediata.
- Hacer una evaluación de las válvulas de alivio de presión cada vez que se hace una mejora en la planta que implique el aumento de flujos o de presiones en los procesos.

VI. BIBLIOGRAFIA

American Petroleum Institute. 2000. *API Recommended Practice 520: Sizing, Selection, and Installation of Pressure-Relieving Devices in Refineries.* Washington, DC : s.n., 2000.

— **1997.** *API Recommended Practice 521: Guide for Pressure-Relieving and Depressuring Systems.* Washington, DC : s.n., 1997.

— **2014.** *API Standard 2000: Venting Atmospheric and Low-pressure Storage Tanks.* Washington, DC : s.n., 2014. 7th Edition.

— **2002.** *API Standard 526: Flanged Steel Pressure Relief Valves.* Washington, DC. : s.n., 2002.

American Society of Mechanical Engineers. 2019. *International Code ASME Boiler and Pressure Vessel Code - Section VIII, Division 1.* New York/USA : ASME, 2019.

— **2018.** *PTC 25 Pressure Relief Devices.* New York/USA : ASME, 2018.

Carrión, Alexis L. 2015. *Evaluación de Escenarios y Determinación de contingencia crítica para el diseño de un sistema de alivio de una planta destiladora de crudo para la empresa Downstreams.* Quito : Escuela Politécnica Nacional de Ecuador, 2015.

Emerson. 2012. *Pressure Relief Valve Engineering Handbook.* USA : s.n., 2012.

Enriquez, Wilfredo R. 2015. *Análisis de golpe de ariete para reducir la sobrepresión en el sistema de bombeo del tanque TK-007 al cajón LA003B de la presa de relaves de SMCV.* Huancayo : Universidad Nacional del Centro del Perú, 2015.

Falconi, Gustavo H. 2010. *Aplicación de Válvula de Desahogo y Seguridad, Mediante su operación, Instalación y Mantenimiento para evitar sobrepresión en las líneas de recepción y despacho de combustible de Petrocomercial Periodo 2010.* Quito : Universidad Tecnológica Equinoccial de Ecuador, 2010.

Hellemans, Marc. 2010. *The Safety Relief Valve Handbook*. s.l. : Butterworth-Heinemann, 2010.

International Organization for Standardization. 2008. *ISO International Standard 28300: Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Venting of atmospheric and low-pressure storage tanks*. Geneva 20 - Suiza : s.n., 2008. 1st Edition.

Leser. 2018. *Leser Engineer Handbook*. Hohenwestedt/Germany : s.n., 2018.

—. **2006.** *Leser Presentation Pool*. [Training Tool] Hohenwestedt/Germany : Leser, 2006.

Lobato, Esteban A. y Llerena, Luis T. 2012. *Diseño, construcción y calibración de válvulas de seguridad de 2" y 4" para recipientes a presión, que cumpla el código ASME Sección VIII, para la empresa Codequality S.A.* Sangolqui : Escuela Politécnica del Ejército de Ecuador, 2012.



Protego. 2008. *Basic Trainig VPV*. [Training Tool] Braunschweig - Alemania : Protego, 2008.

Sanchez, Anderson P. 2017. *Modificación del tanque N°08 de almacenamiento de hidrocarburo-PI500 de 29,379Bls Planta de Petroperú-Chimbote*. Callao : Universidad Nacional del Callao, 2017.

Sócalo, Karen E. 2020. *Propuesta de aplicación del estudio de métodos para mejorar la productividad en el proceso de calibración y mantenimiento de válvulas de seguridad y alivio de la Empresa Stork Perú SAC en la Central Térmica Malacas – Talara 2020*. Talara : Universidad Cesar Vallejo, 2020.



ANEXOS

Anexo 1 Hoja de Cálculo de área de orificio según API520 para Gases Crítico

		ELABORACION Y VERIFICACION DE SRS PARA VÁLVULAS DE ALIVIO DE PRESIÓN EN LA PLANTA DSM PIURA.				
HOJA DE CALCULO DE PSV SEGÚN API 520 Part I - GAS					Rev. 1	
TAG:	PSV 2400001	EQUIPO:	Tanque Pulmon	TIPO DE PSV:		
FLUIDO:	Aire	ÁREA:	Servicios		Convencional	
DATOS					Comentarios	
CAPACIDAD REQUERIDA (W) =			5166 kg/h			
PESO MOLECULAR (M) =			29.000 -			
PRESIÓN DE SET (Pset) =			8.000 barg			
SOBREPRESIÓN =			10%			
PRESIÓN ATMOSFÉRICA (Patm)=			1.0133 bara			
CONTRAPRESIÓN (Pback)			0.0000 barg			
TEMPERATURA (T) =			30.00 °C			
RELACIÓN DE CALORES ESPECÍFICOS (k) =			1.40 -			
FACTOR DE COMPRESIBILIDAD (Z) =			1.00 -			
COEFICIENTE EFECTIVO DE DESCARGA (Kc) =			0.975 -			
FACTOR DE CORRECIÓN POR CONTRAPRESION (Kc)			1.000 -			
FACTOR DE CORRECIÓN DISCO DE RUPTURA (Kc)			1.000 -			
CÁLCULO DE PRESIÓN AGUAS ARRIBA (P1)						
$P_1 = P_{set} \times \left(1 + \text{Sobrepresión} \right) + P_{atm}$		P1=	9.813 bara			
CÁLCULO DE CONTRAPRESIÓN CRÍTICA - FLUJO CRÍTICO (Pcf)						
$P_{cf} = P_1 \times \left[\frac{2}{k+1} \right]^{\frac{k}{k-1}}$						
CONTRAPRESIÓN CRÍTICA (Pcf) =			5.184 barg			
ACTUALCONTRAPRESIÓN (P2)			1.013 bara			
VERIFICACION SI EXISTE FLUJO CRITICO (P2 <= Pcf)			FLUJO CRÍTICO!			
Las siguientes ecuaciones son válidas sólo para FLUJO CRÍTICO de Gas						
FORMULA PARA COEFICIENTE PARA CALORES ESPECÍFICOS (C)						
$C = 520 \sqrt{k \left(\frac{Z}{k+1} \right)^{\frac{k+1}{k-1}}}$		C=	356.1	Ref. API 520 Fig.32		
Area de Descarga Requerido Efectivo (Flujo Crítico) Areq						
$A = \frac{131.6 \times W}{C \times K_a \times P_1 \times K_b \times K_c \times \sqrt{\frac{T_{abs} \times Z}{M}}}$		TabS =	303.15 K			
TabS = T (°C) + 273.15		Calc. Area (Areq) =	645.2 mm ²			
			1.1 inch ²	Ref. API 520 Eq.3.2		
Cálculo del Diámetro (d)						
$d = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$			28.662 mm			
			1.128 inch			
SELECCIÓN DE TAMAÑO Y AREA DE ORIFICIO SEGÚN API						
Selected API Orifice =			3 J 4			
Area de Descarga Efectiva API (A _{ef}) =			1.287 inch ²			
			28.69% % exceso			
TABLA DE ORIFICIOS API						
	Orificio	Area in ²	Area mm ²	Orificio	Area in ²	Area mm ²
	1 D 2	0.110	71	4 L 6	2.853	1841
	1 E 2	0.196	125	4 M 6	3.600	2323
	1.5 F 2	0.307	198	4 N 6	4.340	2800
	2 G 3	0.503	325	4 P 6	6.379	4116
	2 H 3	0.785	506	6 Q 8	11.045	7126
	3 J 4	1.287	830	6 R 10	16.000	10323
	3 K 4	1.838	1186	8 T 10	26.000	16774



Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 2 Hoja de Cálculo de área de orificio según API520 para Gases Subcrítico

		ELABORACIÓN Y VERIFICACIÓN DE SRS PARA VÁLVULAS DE ALIVIO DE PRESIÓN EN LA PLANTA DSM PIURA.				
HOJA DE CALCULO DE PSV SEGÚN API 520 Part I - GAS				Rev. 1		
TAG:	PSV 2400001	EQUIPO:	Tanque Pulmon	TIPO DE PSV:		
FLUIDO:	Aire	ÁREA:	Servicios	Convencional		
DATOS				Comentarios		
CAPACIDAD REQUERIDA (W) =			5166 kg/h			
PESO MOLECULAR (M) =			29.000 -			
PRESIÓN DE SET (Pset) =			8.000 barg			
SOBREPRESIÓN =			10%			
PRESIÓN ATMOSFÉRICA (Patm)=			1.0133 bara			
CONTRAPRESIÓN (Pback)			0.0000 barg			
TEMPERATURA (T) =			30.00 °C			
RELACIÓN DE CALORES ESPECÍFICOS (k) =			1.40 -			
FACTOR DE COMPRESIBILIDAD (Z) =			1.00 -			
COEFICIENTE EFECTIVO DE DESCARGA (Kd) =			0.975 -			
FACTOR DE CORRECCIÓN POR CONTRAPRESION (Kc)			1.000 -			
FACTOR DE CORRECCIÓN DISCO DE RUPTURA (Kc)			1.000 -			
CÁLCULO DE PRESIÓN AGUAS ARRIBA (P1)						
$P_1 = P_{set} \times (1 + \text{Sobrepresión}) + P_{atm}$		P1=	9.813 bara			
CÁLCULO DE CONTRAPRESIÓN CRÍTICA - FLUJO CRITICO (Pcf)						
$P_{cf} = P_1 \times \left[\frac{2}{k+1} \right]^{\frac{k+1}{k}}$						
CONTRAPRESIÓN CRÍTICA (Pcf) =			5.184 barg			
ACTUALCONTRAPRESIÓN (P2)		P2	1.013 bara			
VERIFICACIÓN SI EXISTE FLUJO CRÍTICO (P2 <= Pcf)			FLUJO CRÍTICO!			
Las siguientes ecuaciones son válidas sólo para FLUJO SUB CRITICO de Gas						
FORMULA PARA COEFICIENTE F2						
$F_2 = \sqrt{\left(\frac{k}{k-1} \right) \left[1 - r^{\frac{k-1}{k}} \right]}$		r = P2/P1=	0.103			
		F2=	0.270			
Area de Descarga Requerido Efectivo (Flujo Crítico) Areq						
$A_{req} = \frac{.179 \times W}{F_2^2 \times K_d \times K_c} \sqrt{\frac{T_{abs} \times Z}{M \times P_1(P_1 - P_2)}}$		Tab5 =	303.15 K			
Tab5 = T (°C) + 273.15		Calc. Area (Areq) =	1223.9 mm ²			
			1.897 inch ²	Ref. API 520 Eq.3.5		
Cálculo del Diámetro (d)						
$d = \sqrt{\frac{4 \times A_{req}}{\pi \times GCF}}$			39.476 mm			
			1.554 inch			
SELECCIÓN DE TAMAÑO Y AREA DE ORIFICIO SEGÚN API						
Selected API Orifice =			4 L 6			
Área de Descarga Efectiva API (Aef) =			2.853 inch ²			
			50.39% % exceso			
TABLA DE ORIFICIOS API						
	Orificio	Area in²	Area mm²	Orificio	Area in²	Area mm²
	1 D 2	0.110	71	4 L 6	2.853	1841
	1 E 2	0.196	125	4 M 6	3.600	2323
	1.5 F 2	0.307	198	4 N 6	4.340	2800
	2 G 3	0.503	325	4 P 6	6.379	4116
	2 H 3	0.785	506	6 Q 8	11.045	7126
	3 J 4	1.287	830	6 R 10	16.000	10323
	3 K 4	1.838	1186	8 T 10	26.000	16774



Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 3 Hoja de Cálculo de área de orificio según API520 para Vapor de agua

		ELABORACIÓN Y VERIFICACIÓN DE SRS PARA VÁLVULAS DE ALIVIO DE PRESIÓN EN LA PLANTA DSM PIURA.				
HOJA DE CALCULO DE PSV SEGÚN API 520 Part I - VAPOR DE AGUA					Rev. 1	
TAG:	PSV 0700002	EQUIPO:	Z-0700-003	TIPO DE PSV:		
FLUIDO:	Vapor de Agua	ÁREA:	Winterización		Convencional	
DATOS					Comentarios	
CAPACIDAD REQUERIDA (W) =			298 kg/h			
PRESIÓN DE SET (Pset) =			6.900 barg			
SOBREPRESIÓN =			109			
PRESIÓN ATMOSFÉRICA (Patm)=			1.0133 bara			
CONTRAPRESIÓN (Pback)			0.0000 barg			
TEMPERATURA (T) =			160.00 °C			*Saturación
FACTOR DE CORRECCIÓN NAPIER (K _N)			1.000 -			
FACTOR DE CORRECCIÓN DE VAPOR SOBRE CALENTADO (K _{SH})			1.000 -			
COEFICIENTE EFECTIVO DE DESCARGA (K _d) =			0.975 -			
FACTOR DE CORRECCIÓN DE CAPACIDAD (K _v)			1.000 -			
FACTOR DE CORRECCIÓN DISCO DE RUPTURA (K _r)			1.000 -			
CÁLCULO DE PRESIÓN AGUAS ARRIBA (P₁)						
$P_1 = P_{set} \times \left(1 + \text{Sobrepresión} \right) + P_{atm}$		P1=	8.600 bara			
Las siguientes ecuaciones son válidas sólo para VAPOR DE AGUA						
Area de Descarga Requerido Efectivo (Flujo Crítico) A_{req}						
$A_{req} = \frac{1.905 \times W}{P_1 \times K_d \times K_b \times K_c \times K_N \times K_{SH}}$		Tab5 =	433.15 K			
Tab5 = T (°C) + 273.15		Calc. Area (A _{req}) =	67.784 mm ²			
			.105 inch ²			Ref. API 520 Eq.3.8
Cálculo del Diámetro (d)						
$d = \frac{A_{req} \times 4}{\pi}$			9.28 mm			
			.366 inch			
SELECCIÓN DE TAMAÑO Y AREA DE ORIFICIO SEGÚN API						
Selected API Orifice =			1 D 2			
Area de Descarga Efectiva API (A _{eff}) =			.11 inch ²			
			4.70% % exceso			
TABLA DE ORIFICIOS API						
	Orificio	Area in ²	Area mm ²	Orificio	Area in ²	Area mm ²
	1 D 2	0.110	71	4 L 6	2.853	1841
	1 E 2	0.196	125	4 M 6	3.600	2323
	1.5 F 2	0.307	198	4 N 6	4.340	2800
	2 G 3	0.503	325	4 P 6	6.379	4116
	2 H 3	0.785	506	6 Q 8	11.045	7126
	3 J 4	1.287	830	6 R 10	16.000	10323
	3 K 4	1.838	1186	8 T 10	26.000	16774



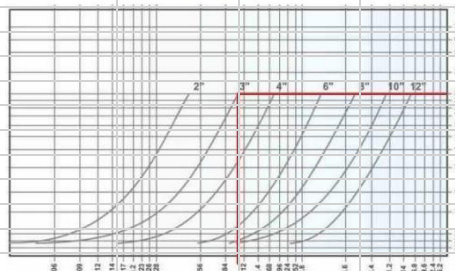
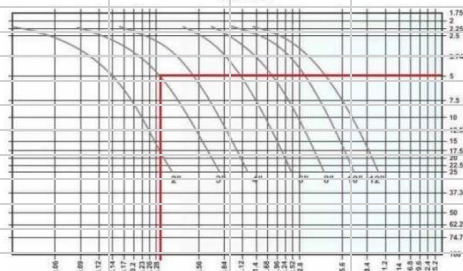
Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 4 Hoja de Cálculo de área de orificio según API520 para Líquidos

		ELABORACIÓN Y VERIFICACIÓN DE SRS PARA VÁLVULAS DE ALIVIO DE PRESIÓN EN LA PLANTA DSM PIURA.				
HOJA DE CALCULO DE PSV SEGÚN API 520 Part I - LIQUIDO					Rev. 1	
TAG:	PSV 0300001	EQUIPO:	S-0300-002A	TIPO DE PSV:		
FLUIDO:	Aceite de Pescado	ÁREA:	Blanqueo		Convencional	
DATOS					Comentarios	
CAPACIDAD REQUERIDA (Q) =			115.7	l/min		
GRAVEDAD ESPECÍFICA (G) =			0.970	-		
PRESIÓN DE SET (Pset) =			5.000	barg		
SOBREPRESIÓN =			10%			
PRESIÓN ATMOSFÉRICA (P _{atm})=			1.0133	bara		
CONTRAPRESIÓN (P _{back})			0.0500	barg		
TEMPERATURA (T) =			100.00	°C		
VISCOSIDAD (u)			10.000	cp		
FACTOR DE CORRECIÓN POR VISCOSIDAD (K _v)			1.000	-		
COEFICIENTE EFECTIVO DE DESCARGA (K _d) =			0.650	-		
FACTOR DE CORRECIÓN POR CONTRAPRESION (K _w)			1.000	-	Contrapresión	1%
FACTOR DE CORRECIÓN DISCO DE RUPTURA (K _r)			1.000	-		
CÁLCULO DE PRESIÓN AGUAS ARRIBA (p₁)						
$p_1 = P_{set} \times (1 + \text{Sobrepresión})$		p1=	5.500	barg		
CÁLCULO DE PRESIÓN AGUAS ABAJO (p₂)						
$p_2 = P_{back}$		p2=	0.050	barg		
CALCULO DE AREA EFECTICA REQUERIDA PRELIMINAR (A_{req,p})						
$A_{req,p} = \frac{1.178 \times Q}{K_d \times K_w \times K_c \times K_v} \sqrt{\frac{G}{p_1 - p_2}}$		A _{req,p} =	88.461	mm ²		
			.137	inch ²	Ref. API 520 Eq.3.9	
FORMULA PARA NUMERO DE REYNOLDS (R)						
$R = \frac{Q(3800) \times G}{\mu \sqrt{A}}$		R=	22433.0			
FACTOR DE CORRECIÓN POR VISCOSIDAD (K_v)						
$K_v = \left(0.9935 + \frac{2.878}{R^{0.5}} + \frac{342.75}{R^{1.5}} \right)^{-1}$		K _v =	0.987344877			
CALCULO DE AREA EFECTICA REQUERIDA PRELIMINAR (A_{req,p})						
$A_{req} = \frac{1.178 \times Q}{K_d \times K_w \times K_c \times K_v} \sqrt{\frac{G}{p_1 - p_2}}$		Calc. Area (A _{req}) =	89.595	mm ²	Área Seleccionada	
			.139	inch ²	Ref. API 520 Eq.3.9	
Cálculo del Diámetro (d)						
$d = \sqrt{\frac{4 \times A_{req}}{\pi}}$			10.681	mm		
			.42	inch		
SELECCIÓN DE TAMAÑO Y AREA DE ORIFICIO SEGÚN API						
Selected API Orifice =			1 E 2			
Area de Descarga Efectiva API (A _{ef}) =			.196	inch ²		
			41.14%	% exceso		
TABLA DE ORIFICIOS API						
	Orificio	Area in ²	Area mm ²	Orificio	Area in ²	Area mm ²
	1 D 2	0.110	71	4 L 6	2.853	1841
	1 E 2	0.196	125	4 M 6	3.600	2323
	1.5 F 2	0.307	198	4 N 6	4.340	2800
	2 G 3	0.503	325	4 P 6	6.379	4116
	2 H 3	0.785	506	6 Q 8	11.045	7126
	3 J 4	1.287	830	6 R 10	16.000	10323
	3 K 4	1.838	1186	8 T 10	26.000	16774

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 5 Hoja de Cálculo de flujos de venteo según API2000 7ma Edición

		ELABORACION Y VERIFICACION DE SRS PARA VÁLVULAS DE ALIVIO DE PRESIÓN EN LA PLANTA DSM PIURA.					
HOJA DE CALCULO DE PSV SEGÚN API 2000 7th Ed.				Rev. 1			
TAG:	PSV F02A1-1	EQUIPO:	F1002A1	TIPO DE PSV:			
FLUIDO:	Aire	ÁREA:	Fraccionamiento-M erlin	Presión-Vacío			
DATOS				Comentarios			
CAUDAL DE CARGA (V _{pf}) =			4.3 m3/h	API 2000 7th Edicion API 2000 7th Edicion API 2000 7th Edicion			
CAUDAL DE DESCARGA (V _{pe}) =			17.4 m3/h				
DIAMETRO (D) =			3.7 m				
ALTURA (H) =			3.8 m				
TEMPERATURA (T)			30.0 °C				
FACTOR AISLAMIENTO TÉRMICO (R _i)			1.00				
FACTOR DE LATITUD (Y)			0.30				
FACTOR DE PRESION VAPOR Y TEMPERATURA (C)			6.50				
SET DE PRESIÓN (Pset)			25.0 mbar				
SET DE VACÍO (Vset)			-5.0 mbar				
CÁLCULO DE VOLUMEN DEL TANQUE (V_{tk})						125	
$V_{tk} = \pi \times D^2 \times 0.25 \times H$		V _{tk} =	38.708 m3				
CÁLCULO DE NORMAL OUT-BREATHING (V_{op})							
$V_{op} = 2 \times V_{pf}$		V _{op} =	8.62 m3/h				
CÁLCULO DE NORMAL IN-BREATHING (V_{ip})							
$V_{ip} = V_{pe}$		V _{ip} =	17.04 m3/h				
CÁLCULO DE THERMAL OUT-BREATHING (V_{ot})							
$V_{ot} = Y \times V_{tk}^{0.7} \times R_i$		V _{ot} =	8.593 m3/h				
CÁLCULO DE THERMAL IN-BREATHING (V_{it})							
$V_{it} = C \times V_{tk}^{0.7} \times R_i$		V _{it} =	84.018 m3/h				
TOTAL OUT-BREATHING (Caso Presión)		TOTAL IN-BREATHING (Caso Vacío)					
$V_o = V_{op} + V_{ot}$		$V_i = V_{ip} + V_{it}$					
V _o = 17.213 m3/h		V _i = 101.1 m3/h					
***Curvas de Flujo Referenciales							
 <p>UNITS PER 1000 M³/H STANDARD CONDITIONS @ 15.6 °C, 1013 Millibar, D 1.22 KG/M³ ISO 28300</p> <p>Capacidad a 25mbar = 1000 m3/h</p>			 <p>UNITS PER 1000 M³/H STANDARD CONDITIONS @ 15.6 °C, 1013 Millibar, D 1.22 KG/M³ ISO 28300</p> <p>Capacidad a -5mbar = 300 m3/h</p>				

Fuente: Elaboración Propia.

TAG: PSV 0500021
FLUIDO: Aceite de Pescado

EQUIPO: H-0500-102
ÁREA: Destilación

TIPO DE PSV: Convencional

DATOS

CAPACIDAD REQUERIDA (Q) = 76 l/min
GRAVEDAD ESPECÍFICA (G) = 0.880 -
PRESIÓN DE SET (Pset) = 10.000 barg
SOBREPRESIÓN = 10%
PRESIÓN ATMOSFÉRICA (Patm)= 1.0133 bara
CONTRAPRESIÓN (Pback) = 0.0000 barg
TEMPERATURA (T) = 90.00 °C
VISCOSIDAD (u) = 10.000 cp
FACTOR DE CORRECIÓN POR VISCOSIDAD (Kv) = 1.000 -
COEFICIENTE EFECTIVO DE DESCARGA (Kd) = 0.650 -
FACTOR DE CORRECIÓN POR CONTRAPRESION (Kw) = 1.000 -
FACTOR DE CORRECIÓN DISCO DE RUPTURA (Kc) = 1.000 -

Comentarios

CÁLCULO DE PRESIÓN AGUAS ARRIBA (p1)

$$p_1 = P_{set} \times (1 + \text{Sobrepresión}) \quad p1 = 11.000 \text{ barg}$$

CÁLCULO DE PRESIÓN AGUAS ABAJO (p2)

$$p_2 = P_{back} \quad p2 = 0.000 \text{ barg}$$

CALCULO DE AREA EFECTICA REQUERIDA PRELIMINAR (Areq-p)

$$A_{req-p} = \frac{11.78 \times Q}{K_d \times K_w \times K_c \times K_v} \sqrt{\frac{G}{p_1 - p_2}} \quad A_{req-p} = \begin{matrix} 38.752 \text{ mm}^2 \\ .06 \text{ inch}^2 \end{matrix}$$

Ref. API 520 Eq.3.9

FORMULA PARA NUMERO DE REYNOLDS (R)

$$R = \frac{Q(18800) \times G}{\mu \sqrt{A}} \quad R = 20091.5$$

FACTOR DE CORRECIÓN POR VISCOSIDAD (Kv)

$$K_v = \left(0.9935 + \frac{2.878}{R^{0.5}} + \frac{342.75}{R^{1.5}} \right)^{-1} \quad K_v = 0.986266749$$

CALCULO DE AREA EFECTICA REQUERIDA PRELIMINAR (Areq-p)

$$A_{req} = \frac{11.78 \times Q}{K_d \times K_w \times K_c \times K_v} \sqrt{\frac{G}{p_1 - p_2}} \quad \text{Calc. Area (A_{req})} = \begin{matrix} 39.292 \text{ mm}^2 \\ .061 \text{ inch}^2 \end{matrix}$$

Área Seleccionada
Ref. API 520 Eq.3.9

Cálculo del Diámetro (d)

$$d = \sqrt{\frac{4 \times A_{GCF}}{\pi}} \quad \begin{matrix} 7.073 \text{ mm} \\ .278 \text{ inch} \end{matrix}$$

SELECCIÓN DE TAMAÑO Y AREA DE ORIFICIO SEGÚN API

Selected API Orifice = 1 D 2
Area de Descarga Efectiva API (A_{ef}) = .11 inch²
80.62% % exceso

TABLA DE ORIFICIOS API

Orificio	Area	Area	Orificio	Area	Area
	in ²	mm ²		in ²	mm ²
1 D 2	0.110	71	4 L 6	2.853	1841
1 E 2	0.196	125	4 M 6	3.600	2323
1.5 F 2	0.307	198	4 N 6	4.340	2800
2 G 3	0.503	325	4 P 6	6.379	4116
2 H 3	0.785	506	6 Q 8	11.045	7126
3 J 4	1.287	830	6 R 10	16.000	10323
3 K 6	1.838	1186	8 T 10	26.000	16774

INFORMACIÓN DE PSV INSTALADA

Rev. 1

Pag. 1

TAG: PSV 0500021 **EQUIPO:** 01-HE-02 (INTERCAMBIADOR DE TUBO Y CORAZA ACEITE/ACEITE)
FLUIDO: ACEITE DE PESCADO **ÁREA:** PURIFICACIÓN - 0500

INFORMACIÓN - PSV - DSM

MARCA: FARRIS ENGINEERING **DIAMETRO MENOR (do) [mm]:** 21,7 mm
MODELO: 27GA46 - 120 **COEF. DE DESCARGA GAS/VAPOR (D/G) [-]:** 0.878
TIPO DE PSV: VÁLVULA DE SEGURIDAD NORMAL **COEF. DE DESCARGA LÍQUIDO (F) [-]:** 0.676

PLACA DSM / CALIBRACIÓN:



PLACA FABRICANTE / INSCRIPCIÓN EN PSV:



INFORMACIÓN DE PLACA DSM / CALIBRACIÓN:

PRESIÓN DE SET: 150 PSI

INFORMACIÓN EN PLACA DEL FABRICANTE:

FARRIS ENGINEERING / TIPO: 27GA46 - 120 / TAMAÑO Y ORIFICIO: 1 1/2" x 2 1/2" G / PRESIÓN DE SET: 150 PSIG (SET DE FABRICA) / CAPACIDAD: 1657 SCFM AIR

TIPO DE DESCARGA:

ATMOSFÉRICA

DIBUJO DE PSV EN CATÁLOGO:



MATERIAL:

BODY / BONNET: SA-216 Gr. WCB. / SA-216 Gr. WCB

INFORMACIÓN ADICIONAL:

PRESIÓN NOMINAL: CLASE 150 **ORIFICIO:** G
CONEXIÓN DE INGRESO: 1 1/2" #150 **ÁREA (A₀):** 369.68 mm²
CONEXIÓN DE SALIDA: 2 1/2" #150 **CAPACIDAD A P_{SET}:** 1657 SCFM Aire a 15,5°C
BONETE: CERRADO **PALANCA DE APERTURA:** NO

ABREVIATURAS:

S/I SIN INFORMACIÓN

REFERENCIA:

FARRIS ENGINEERING SERIES 2700Catalog_R7
PÁG. 3-4 (MATERIALES)
PÁG. 13 (TABLA DE SELECCIÓN DE PSVs BRIDADAS)
PÁG. 15 (TABLA DE CAPACIDADES)

Válvula de seguridad



Edificio:
 Posición del dispositivo:
 Posición del dispositivo de seguridad:

Unidad de operación:
 Función del dispositivo:
 PID Nr:

Equipo

Descripción del equipo:

Descripción del proceso y flujo:

Material:
 Presión de operación permitida:

p _B	barg	10.0
p _K	barg	10.0
p _A	barg	3.0

 Presión de diseño:

p _K	barg	10.0
----------------	------	------

 Presión de trabajo:

p _A	barg	3.0
----------------	------	-----

 Longitud cilíndrica:

L _{Zylinder}	mm	3800.0
-----------------------	----	--------

 Diámetro Interno:

D _i	mm	250.0
----------------	----	-------

Descripción del medio:
 Temperatura de operación permitida:

T _B	°C	150
T _A	°C	90

 Temperatura de trabajo:

T _A	°C	90
----------------	----	----

 Volumen:

V	m ³	0.187
---	----------------	-------

 Área de calentamiento:

A	m ²	3.0
---	----------------	-----

Dispositivo de seguridad

Alimentación:

DN/PN	DN40	PN16
-------	------	------

 Tubería entrada:

L	m	0.30
n	-	1

 Longitud:

L	m	0.30
---	---	------

 Codos 90°:

n	-	1
---	---	---

 ¿Isométricos disponibles?
 ¿Reducciones o partes mecánicas presentes?

Descarga:

DN/PN	DN65	PN16
-------	------	------

 Tubería descarga:

L	m	1.10
n	-	1

 Longitud:

L	m	1.10
---	---	------

 Codos 90°:

n	-	1
---	---	---

 ¿Isométricos disponibles?
 ¿Reducciones o partes mecánicas presentes?

Comentarios:

Casos de diseño/Escenarios a considerar

Caso	Escenario	Breve descripción	Escenario relevante para el diseño
1	Falla Operacional	Cuando la válvula de bloqueo a la descarga del intercambiador se cierra	
2			
3			
4	Alivio Térmico	Cuando se queda líquido atrapado en el Intercambiador por cierre de válvulas de bloqueo al ingreso y salida.	
5			

Diseño

Name: Fecha:
 Comentarios:

Dispositivo de seguridad

Marca:
 Modelo:
 Tipo:

Diámetro menor:

d ₀	mm	21,7
----------------	----	------

 Coeficiente de descarga gas/vapor:

a _{w S/G}	-	0.878
--------------------	---	-------

 Coeficiente de descarga líquido:

a _{w L}	-	0.676
------------------	---	-------

Addenum:

Material:

TAG: PSV-F81B-1 EQUIPO: F-1081B TIPO DE PSV: Convencional
 FLUIDO: Aceite de Pescado ÁREA: Fraccionamiento-Merlín

DATOS

CAPACIDAD REQUERIDA (Q) = 72 l/min
 GRAVEDAD ESPECÍFICA (G) = 0.970 -
 PRESIÓN DE SET (Pset) = 10.000 barg
 SOBREPRESIÓN = 10%
 PRESIÓN ATMOSFÉRICA (Patm)= 1.0133 bara
 CONTRAPRESIÓN (Pback) = 0.0000 barg
 TEMPERATURA (T) = 0.00 °C
 VISCOSIDAD (u) = 25.000 cp
 FACTOR DE CORRECCIÓN POR VISCOSIDAD (Kv) = 1.000 -
 COEFICIENTE EFECTIVO DE DESCARGA (Kd) = 0.650 -
 FACTOR DE CORRECCIÓN POR CONTRAPRESION (Kw) = 1.000 -
 FACTOR DE CORRECCIÓN DISCO DE RUPTURA (Kc) = 1.000 -

Comentarios

CÁLCULO DE PRESIÓN AGUAS ARRIBA (p1)

$$p_1 = P_{set} \times (1 + \text{Sobrepresión}) \quad p1 = 11.000 \text{ barg}$$

CÁLCULO DE PRESIÓN AGUAS ABAJO (p2)

$$p_2 = P_{back} \quad p2 = 0.000 \text{ barg}$$

CALCULO DE AREA EFECTICA REQUERIDA PRELIMINAR (Areq-p)

$$A_{req-p} = \frac{11.78 \times Q}{K_d \times K_w \times K_c \times K_v} \sqrt{\frac{G}{p_1 - p_2}} \quad A_{req-p} = 38.641 \text{ mm}^2$$

Ref. API 520 Eq.3.9

FORMULA PARA NUMERO DE REYNOLDS (R)

$$R = \frac{Q(18800) \times G}{\mu \sqrt{A}} \quad R = 8425.4$$

FACTOR DE CORRECIÓN POR VISCOSIDAD (Kv)

$$K_v = \left(0.9935 + \frac{2.878}{R^{0.5}} + \frac{342.75}{R^{1.5}} \right)^{-1} \quad K_v = 0.975326809$$

CALCULO DE AREA EFECTICA REQUERIDA PRELIMINAR (Areq-p)

$$A_{req} = \frac{11.78 \times Q}{K_d \times K_w \times K_c \times K_v} \sqrt{\frac{G}{p_1 - p_2}} \quad \text{Calc. Area (A_{req})} = 39.618 \text{ mm}^2$$

Área Seleccionada
Ref. API 520 Eq.3.9

Cálculo del Diámetro (d)

$$d = \sqrt{\frac{4 \times A_{GCF}}{\pi}} \quad 7.102 \text{ mm}$$

SELECCIÓN DE TAMAÑO Y AREA DE ORIFICIO SEGÚN API

Selected API Orifice = 1 D 2
 Area de Descarga Efectiva API (A_{ef}) = .11 inch²
 79.13% % exceso

TABLA DE ORIFICIOS API

Orificio	Area	Area	Orificio	Area	Area
	in ²	mm ²		in ²	mm ²
1 D 2	0.110	71	4 L 6	2.853	1841
1 E 2	0.196	125	4 M 6	3.600	2323
1.5 F 2	0.307	198	4 N 6	4.340	2800
2 G 3	0.503	325	4 P 6	6.379	4116
2 H 3	0.785	506	6 Q 8	11.045	7126
3 J 4	1.287	830	6 R 10	16.000	10323
3 K 6	1.838	1186	8 T 10	26.000	16774

INFORMACIÓN DE PSV INSTALADA

Rev. 1

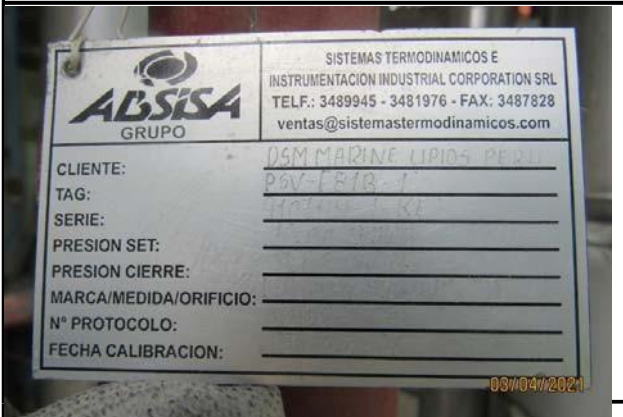
Pag. 1

TAG: PSV FB1B-1 **EQUIPO:** F1081B (INTERCAMBIADOR DE PLACAS OFX/OFX)
FLUIDO: OIL FATS UNDEFINED **ÁREA:** WINTERIZACIÓN MERLÍN - 1500

INFORMACIÓN - PSV - DSM

MARCA: FARRIS ENGINEERING **DIAMETRO MENOR (do) [mm]:** 10,13 mm
MODELO: 27DA13 - M20 **COEF. DE DESCARGA GAS/VAPOR (D/G) [-]:** 0.878
TIPO DE PSV: VÁLVULA DE SEGURIDAD NORMAL **COEF. DE DESCARGA LÍQUIDO (F) [-]:** 0.676

PLACA DSM / CALIBRACIÓN:



PLACA FABRICANTE / INSCRIPCIÓN EN PSV:



INFORMACIÓN DE PLACA DSM / CALIBRACIÓN:

PRESIÓN DE SET: 10 BARG / PRESIÓN DE CIERRE: 9.80 BARG

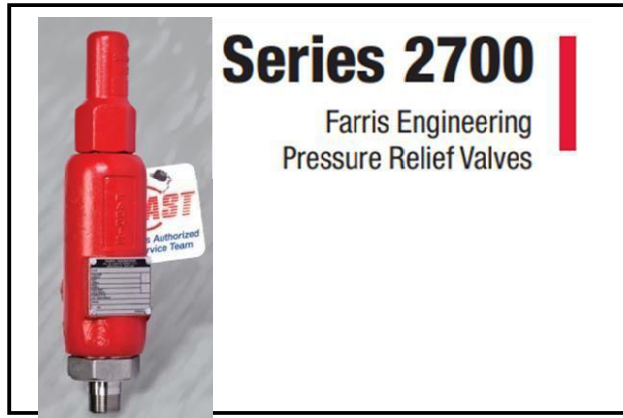
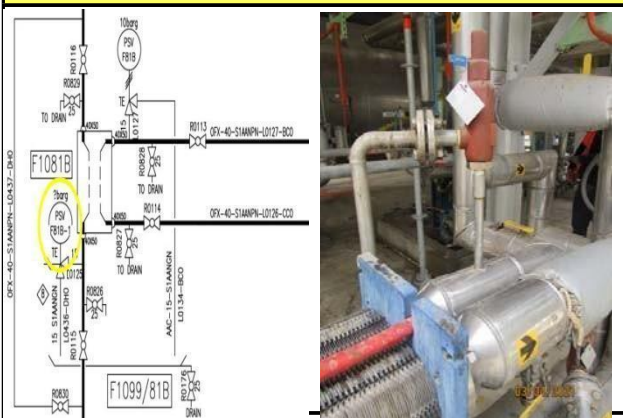
INFORMACIÓN EN PLACA DEL FABRICANTE:

FARRIS ENGINEERING / TIPO: 27DA13 - M20 / TAMAÑO Y ORIFICIO: 1/2" x 1" D / PRESIÓN DE SET: 10 BARG (SET DE FABRICA) / CAPACIDAD: 153 l/min

TIPO DE DESCARGA:

ATMOSFÉRICA

DIBUJO DE PSV EN CATÁLOGO:



MATERIAL:

BODY / BONNET: SA-216 Gr. WCB. / SA-216 Gr. WCB

INFORMACIÓN ADICIONAL:

PRESIÓN NOMINAL:	MAX. 110 BARG	ORIFICIO:	D
CONEXIÓN DE INGRESO:	1/2" MNPT	ÁREA (A₀):	80.65 mm ²
CONEXIÓN DE SALIDA:	1" FNPT	CAPACIDAD A P_{SET}:	153 L/min
BONETE:	CERRADO	PALANCA DE APERTURA:	NO

Agua a 21°C

ABREVIATURAS:

S/I SIN INFORMACIÓN

REFERENCIA:

FARRIS ENGINEERING SERIES 2700Catalog_R7
PÁG. 3-4 (MATERIALES)
PÁG. 12 (TABLA DE SELECCIÓN DE PSVs ROSCADAS)
PÁG. 15 (TABLA DE CAPACIDADES)

Válvula de seguridad



Edificio:		Unidad de operación:	
Posición del dispositivo:	C5	Función del dispositivo:	Intercambiador de Calor
Posición del dispositivo de seguridad:	C5	PID Nr:	P&ID 10 - IN113614

Equipo

Descripción del equipo:	Intercambiador de calor Aceite/Aceite F1081B		
Descripción del proceso y flujo:	Se calienta el Aceite frío con aceite caliente FLUJO: 71.8 l/min		
Material:	Aceero Inoxidable	Descripción del medio:	Aceite de Pescado
Presión de operación permitida:	P_B barg 6.0	Temperatura de operación permitida:	T_B °C 150
Presión de diseño:	P_K barg 10.0	Temperatura de trabajo:	T_A °C 40
Presión de trabajo:	P_A barg		
Longitud cilíndrica:	$L_{Zylinder}$ mm 750.0	Volumen:	V m ³ 0.049
Diámetro Interno:	D_i mm 288.0	Área de calentamiento:	A m ² 0.7

Dispositivo de seguridad

Alimentación:	DN/PN DN15 PN100	Descarga:	DN/PN DN25
Tubería entrada:		Tubería descarga:	
Longitud:	L m 0.25	Longitud:	L m 0.70
Codos 90°:	n - 0	Codos 90°:	n - 1
¿Isométricos disponibles?	No	¿Isométricos disponibles?	No
¿Reducciones o partes mecánicas presentes?	No	¿Reducciones o partes mecánicas presentes?	No
Comentarios:			

Casos de diseño/Escenarios a considerar

Caso	Escenario	Breve descripción	Escenario relevante para el diseño
1	Falla Operacional	Cuando la válvula de bloqueo a la descarga del intercambiador se cierra, la válvula debe tener la capacidad de desalojar todo el caudal para despresurizar.	
2			
3			
4	Alivio Térmico	Cuando producto se queda encerrado entre 2 válvulas de cierre, la temperatura ambiental tiene a incrementar el volumen del líquido. La PSV debe desalojar este exceso de volumen para despresurizar.	
5			

Diseño

Name:	Carlos Garcia	Fecha:	07/ April 2021
Comentarios:	<p>Según Cálculo API520, se requiere una válvula de Orificio 1 D 2 La PSV Actual tiene capacidad de 151.9 l/min, por lo que la válvula actual cumple con la capacidad requerida</p>		

Dispositivo de seguridad

Marca:	FARRIS ENGINEERING	Diámetro menor:	d_o mm 10,13
Modelo:	27DA13 - M20	Coefficiente de descarga gas/vapor:	$a_{w S/G}$ - 0.878
Tipo:	Válvula de seguridad normal	Coefficiente de descarga líquido:	$a_{w L}$ - 0.676
Addendum:	VER DOCUMENTO: PSV F81B-1 - INFO		
Material:	BODY / BONNET: SA-216 Gr. WCB. / SA-216 Gr. WCB		

TAG: PSV 2200005 **EQUIPO:** B-2200-002 **TIPO DE PSV:** Convencional
FLUIDO: Vapor de Agua **ÁREA:** Vapor

DATOS

CAPACIDAD REQUERIDA (W) = **12000** kg/h
 PRESIÓN DE SET (Pset) = **12.500** barg
 SOBREPRESIÓN = **3%**
 PRESIÓN ATMOSFÉRICA (Patm)= **1.0133** bara
 CONTRAPRESIÓN (Pback) **0.0000** barg
 TEMPERATURA (T) = **188.00** °C
 FACTOR DE CORRECCIÓN NAPIER (KN) **1.000** -
 FACTOR DE CORRECCIÓN DE VAPOR SOBRE CALENTADO (KSH) **1.000** -
 COEFICIENTE EFECTIVO DE DESCARGA (Kd) = **0.975** -
 FACTOR DE CORRECCIÓN DE CAPACIDAD (Kb) **1.000** -
 FACTOR DE CORRECCIÓN DISCO DE RUPTURA (Kc) **1.000** -

Comentarios

*Saturación

CÁLCULO DE PRESIÓN AGUAS ARRIBA (P1)

$$P_1 = P_{set} \times (1 + \text{Sobrepresión}) + P_{atm} \quad P_1 = 13.888 \text{ bara}$$

201

Las siguientes ecuaciones son válidas sólo para VAPOR DE AGUA

Area de Descarga Requerido Efectivo (Flujo Crítico) Areq

$$A_{req} = \frac{190.4 \times W}{P \times K_d \times K_b \times K_c \times K_N \times K_{SH}} \quad T_{abs} = 461.15 \text{ K}$$

$T_{abs} = T(^{\circ}\text{C}) + 273.15$

Calc. Area (Areq) = **1086.2** mm²
2.617 inch²

Ref. API 520 Eq.3.8

Cálculo del Diámetro (d)

$$d = \sqrt{\frac{4 \times A_{accr}}{\pi}} \quad \begin{matrix} 46.363 \text{ mm} \\ 1.825 \text{ inch} \end{matrix}$$

SELECCIÓN DE TAMAÑO Y AREA DE ORIFICIO SEGÚN API

Selected API Orifice = **4 L 6**
 Area de Descarga Efectiva API (A_{ef}) = **2.853** inch²
9.03% % exceso

TABLA DE ORIFICIOS API

Orificio	Area	Area	Orificio	Area	Area
	in ²	mm ²		in ²	mm ²
1 D 2	0.110	71	4 L 6	2.853	1841
1 E 2	0.196	125	4 M 6	3.600	2323
1.5 F 2	0.307	198	4 N 6	4.340	2800
2 G 3	0.503	325	4 P 6	6.379	4116
2 H 3	0.785	506	6 Q 8	11.045	7126
3 J 4	1.287	830	6 R 10	16.000	10323
3 K 6	1.838	1186	8 T 10	26.000	16774

INFORMACIÓN DE PSV INSTALADA

Rev. 1

Pag. 1

TAG: PSV 2200005 **EQUIPO:** B-2200-002 (CALDERA BUCKAUWOLF)
FLUIDO: VAPOR DE AGUA **ÁREA:** VAPOR - 2200

INFORMACIÓN - PSV - DSM

MARCA: SPIRAX SARCO **DIAMETRO MENOR (do) [mm]:** 40,2mm
MODELO: SV73 **COEF. DE DESCARGA GAS/VAPOR (D/G) [-]:** 0,955
TIPO DE PSV: VÁLVULA DE SEGURIDAD NORMAL **COEF. DE DESCARGA LÍQUIDO (F) [-]:** -

PLACA DSM:

S/I

PLACA FABRICANTE / INSCRIPCIÓN EN PSV:



INFORMACIÓN DE PLACA DSM:

PRESIÓN DE SET: 12.5 BAR (INDICADO POR PERSONAL DE MANTENIMIENTO)

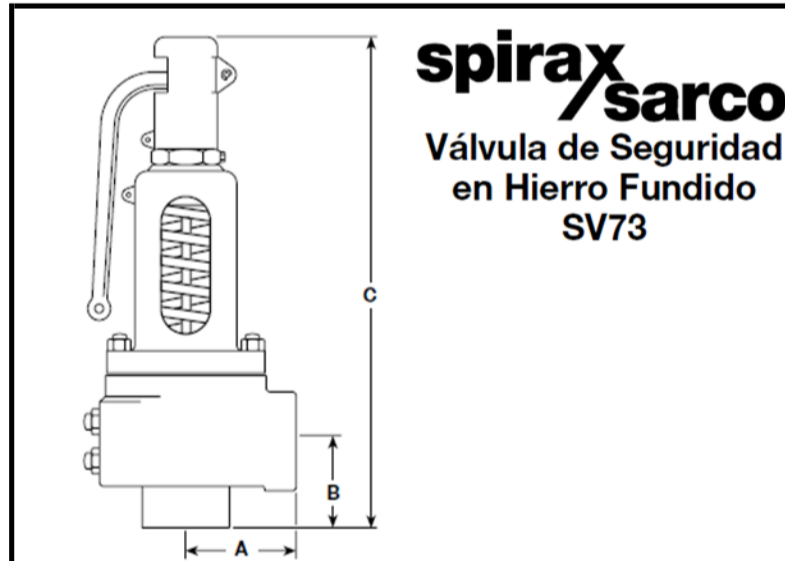
INFORMACIÓN EN PLACA DEL FABRICANTE:

MATERIAL: A126 B

TIPO DE DESCARGA:

ATMOSFÉRICA

DIBUJO DE PSV EN CATÁLOGO:



MATERIAL:

CUERPO PRINCIPAL: HIERRO FUNDIDO - ASTM A126 Clase B

INFORMACIÓN ADICIONAL:

PRESIÓN NOMINAL:	MAX. 250 PSIG	ORIFICIO:	K	
CONEXIÓN DE INGRESO:	2" FNPT	ÁREA (A₀):	1269.7 mm ²	
CONEXIÓN DE SALIDA:	3" FNPT	CAPACIDAD A P_{SET}:	17424 lb/hr	ASME SEC. I
BONETE:	ABIERTO	PALANCA DE APERTURA:	SI	STEAM

ABREVIATURAS:

S/I SIN INFORMACIÓN

REFERENCIA:

SPIRAX SARCO - (SV73-TI-S13-25-ES)

Válvula de seguridad



Edificio:

Posición del dispositivo:

Posición del dispositivo de seguridad:

Unidad de operación:

Función del dispositivo:

PID Nr:

Equipo

Descripción del equipo:

Descripción del proceso y flujo:

Material:

Presión de operación permitida:	p _B	barg	11.0
Presión de diseño:	p _K	barg	21.5
Presión de trabajo:	p _A	barg	10.0
Longitud cilíndrica:	L _{Zylinder}	mm	
Diámetro Interno:	D _i	mm	

Descripción del medio:

Temperatura de operación permitida:	T _B	°C	230
Temperatura de trabajo:	T _A	°C	188
Volumen:	V	m ³	
Área de calentamiento:	A	m ²	

Dispositivo de seguridad

Alimentación:

Tubería entrada:

Longitud:	L	m	0.30
Codos 90°:	n	-	0
¿Isométricos disponibles?			No
¿Reducciones o partes mecánicas presentes?			No

Descarga:

Tubería descarga:

Longitud:	L	m	4.00
Codos 90°:	n	-	1
¿Isométricos disponibles?			No
¿Reducciones o partes mecánicas presentes?			No

Comentarios:

Casos de diseño/Escenarios a considerar

Caso	Escenario	Breve descripción	Escenario relevante para el diseño
1	Falla Operacional	Fallan los controles del presión y el quemador sigue operando aumentando la presión en el Domo.	
2			
3			
4	Contingencia de Operacion	Cae el consumo de vapor de forma brusca.	
5			

Diseño

Name: Fecha:

Comentarios:

Dispositivo de seguridad

Marca:

Modelo:

Tipo:

Diámetro menor:

Coefficiente de descarga gas/vapor:

Coefficiente de descarga líquido:

Addenum:

Material:

TAG: PSV-SAC/R-1 **EQUIPO:** Manifold principal **TIPO DE PSV:** Convencional
FLUIDO: Vapor de Agua **ÁREA:** Fraccionamiento-Merlín

DATOS

CAPACIDAD REQUERIDA (W) = 299 kg/h
 PRESIÓN DE SET (Pset) = 4.500 barg
 SOBREPRESIÓN = 10%
 PRESIÓN ATMOSFÉRICA (Patm)= 1.0133 bara
 CONTRAPRESIÓN (Pback) 0.0000 barg
 TEMPERATURA (T) = 160.00 °C
 FACTOR DE CORRECCIÓN NAPIER (KN) 1.000 -
 FACTOR DE CORRECCIÓN DE VAPOR SOBRE CALENTADO (KSH) 1.000 -
 COEFICIENTE EFECTIVO DE DESCARGA (Kd) = 0.975 -
 FACTOR DE CORRECCIÓN DE CAPACIDAD (Kb) 1.000 -
 FACTOR DE CORRECCIÓN DISCO DE RUPTURA (Kc) 1.000 -

Comentarios

*Saturación

CÁLCULO DE PRESIÓN AGUAS ARRIBA (P1)

$$P_1 = P_{set} \times (1 + \text{Sobrepresión}) + P_{atm} \quad P_1 = 5.963 \text{ bara}$$

86

Las siguientes ecuaciones son válidas sólo para VAPOR DE AGUA

Area de Descarga Requerido Efectivo (Flujo Crítico) Areq

$$A_{req} = \frac{190.4 \times W}{P \times K_1 \times K_d \times K_b \times K_c \times K_N \times K_{SH}} \quad T_{abs} = 433.15 \text{ K}$$

$T_{abs} = T(^{\circ}\text{C}) + 273.15$

Calc. Area (Areq) = 97.803 mm²
1.152 inch²

Ref. API 520 Eq.3.8

Cálculo del Diámetro (d)

$$d = \sqrt{\frac{4 \times A_{accr}}{\pi}} \quad \begin{matrix} 11.159 \text{ mm} \\ .439 \text{ inch} \end{matrix}$$

SELECCIÓN DE TAMAÑO Y AREA DE ORIFICIO SEGÚN API

Selected API Orifice = 1 E 2
 Area de Descarga Efectiva API (A_{ef}) = .196 inch²
 29.29% % exceso

TABLA DE ORIFICIOS API

Orificio	Area	Area	Orificio	Area	Area
	in ²	mm ²		in ²	mm ²
1 D 2	0.110	71	4 L 6	2.853	1841
1 E 2	0.196	125	4 M 6	3.600	2323
1.5 F 2	0.307	198	4 N 6	4.340	2800
2 G 3	0.503	325	4 P 6	6.379	4116
2 H 3	0.785	506	6 Q 8	11.045	7126
3 J 4	1.287	830	6 R 10	16.000	10323
3 K 6	1.838	1186	8 T 10	26.000	16774

INFORMACIÓN DE PSV INSTALADA

Rev. 1

Pag. 1

TAG: PSV SAC R-1
FLUIDO: VAPOR DE AGUA

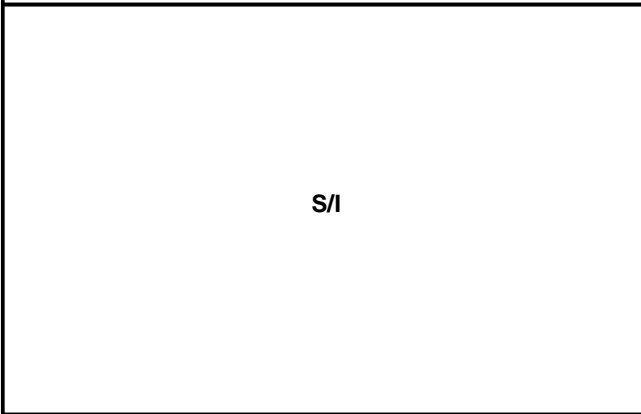
EQUIPO: ESTACIÓN REDUCTORA
ÁREA: WINTERIZACIÓN MERLÍN - 1500

INFORMACIÓN - PSV - DSM

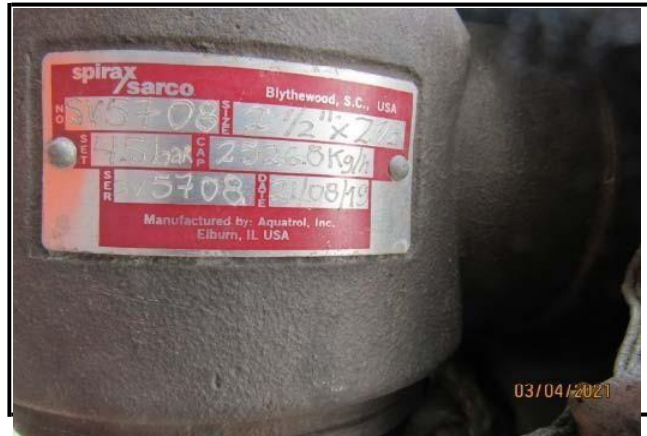
MARCA: SPIRAX SARCO
MODELO: SV5708
TIPO DE PSV: VÁLVULA DE SEGURIDAD NORMAL

DIAMETRO MENOR (do) [mm]: 36,7 mm
COEF. DE DESCARGA GAS/VAPOR (D/G) [-]: S/I
COEF. DE DESCARGA LÍQUIDO (F) [-]: -

PLACA DSM / CALIBRACIÓN:



PLACA FABRICANTE / INSCRIPCIÓN EN PSV:



INFORMACIÓN DE PLACA DSM / CALIBRACIÓN:

S/I

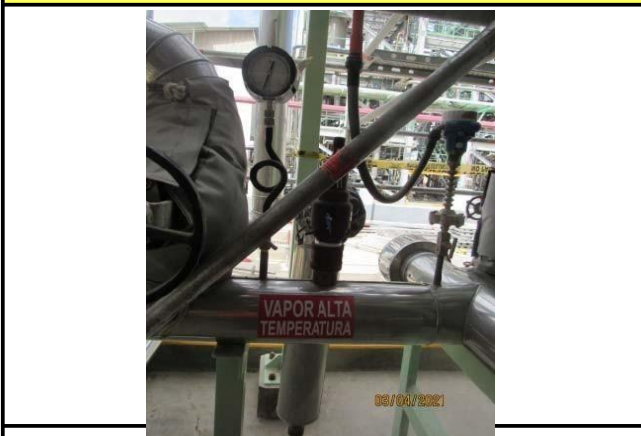
INFORMACIÓN EN PLACA DEL FABRICANTE:

SPIRAX SARCO / NO: SV5708 / TAMAÑO: 2 1/2" x 2 1/2" / PRESIÓN DE SET: 4.5 BARG (SET DE FABRICA) / CAPACIDAD: 2526.8 Kg/h

TIPO DE DESCARGA:

ATMOSFÉRICA

DIBUJO DE PSV EN CATÁLOGO:



MATERIAL:

BODY: BRASS/CAST BRASS
BONNET: CAST BRASS

INFORMACIÓN ADICIONAL:

PRESIÓN NOMINAL:	MAX. 250 PSIG	ORIFICIO:	J	
CONEXIÓN DE INGRESO:	2 1/2" MNPT	ÁREA (A₀):	943,86 mm ²	
CONEXIÓN DE SALIDA:	2 1/2" FNPT	CAPACIDAD A P_{SET}:	5559 lb/hr	STEAM
BONETE:	CERRADO	PALANCA DE APERTURA:	SI	ASME SEC. VIII

ABREVIATURAS:

S/I SIN INFORMACIÓN

REFERENCIA:

SPIRAX SARCO_SV5708_1_x_E_x_1_Data_Sheet
PÁG. 1 (MATERIALES)
PÁG. 2 (TAMAÑO, ORIFICIO, ÁREA DE ORIFICIO)
PÁG. 4 (TABLA DE CAPACIDADES)

Válvula de seguridad



Edificio:		Unidad de operación:	
Posición del dispositivo:	G7	Función del dispositivo:	Manifold de Vapor
Posición del dispositivo de seguridad:	G7	PID Nr:	P&ID 06 - IN113620

Equipo

Descripción del equipo:	Manifold de Vapor		
Descripción del proceso y flujo:	Manifold de distribución de vapor para la planta FLUJO: 298.5 kg/h		
Material:	Acero al Carbon	Descripción del medio:	Vapor de Agua
Presión de operación permitida:	p _B barg 4.0	Temperatura de operación permitida:	T _B °C 220
Presión de diseño:	p _K barg 10.0	Temperatura de trabajo:	T _A °C 148
Presión de trabajo:	p _A barg 3.0	Volumen:	V m ³ 0.007
Longitud cilíndrica:	L _{Zylinder} mm 1500.0	Área de calentamiento:	A m ² 0.4
Diámetro Interno:	D _i mm 80.0		

Dispositivo de seguridad

Alimentación:	DN/PN DN65 PN16	Descarga:	DN/PN DN65
Tubería entrada:		Tubería descarga:	
Longitud:	L m 0.15	Longitud:	L m 1.50
Codos 90°:	n - 0	Codos 90°:	n - 1
¿Isométricos disponibles?	No	¿Isométricos disponibles?	No
¿Reducciones o partes mecánicas presentes?	No	¿Reducciones o partes mecánicas presentes?	No
Comentarios:	La PSV no cuenta con Estampa ASME. Las válvulas Certificadas ASME cuentan con la estampa "UV" en la placa. PSV que no es certificada ASME no cuenta con coeficiente de descarga		

Casos de diseño/Escenarios a considerar

Caso	Escenario	Breve descripción	Escenario relevante para el diseño
1	Falla Operacional	La válvula reductora de presión falla y se queda abierta dejando pasar toda la presión de la línea de alimentación.	
2			
3			
4			
5			

Diseño

Name:	Carlos Garcia	Fecha:	07/ April 2021
Comentarios:	Según Cálculo API520, se requiere una válvula de Orificio 1 E 2.La válvula tiene una capacidad de 3821 kg/h.La válvula cumple la capacidad		

Dispositivo de seguridad

Marca:	SPIRAX SARCO	Diámetro menor:	d ₀ mm 36,7 mm
Modelo:	SV5708	Coefficiente de descarga gas/vapor:	a _{w S/G} - S/I
Tipo:	Válvula de seguridad normal	Coefficiente de descarga líquido:	a _{w L} - -
Addenum:	VER DOCUMENTO: PSV SAC R-1 - INFO		
Material:	BODY: BRASS/CAST BRASS BONNET: CAST BRASS		

TAG: PSV 2400001 EQUIPO: Tanque Pulmon TIPO DE PSV: Convencional
 FLUIDO: Aire ÁREA: Servicios

DATOS

CAPACIDAD REQUERIDA (W) = 5166 kg/h
 PESO MOLECULAR (M) = 29.000 -
 PRESIÓN DE SET (Pset) = 8.000 barg
 SOBREPRESIÓN = 10%
 PRESIÓN ATMOSFÉRICA (Patm)= 1.0133 bara
 CONTRAPRESIÓN (Pback) = 0.0000 barg
 TEMPERATURA (T) = 30.00 °C
 RELACIÓN DE CALORES ESPECÍFICOS (k) = 1.400 -
 FACTOR DE COMPRESIBILIDAD (Z) = 1.000 -
 COEFICIENTE EFECTIVO DE DESCARGA (K_d) = 0.975 -
 FACTOR DE CORRECCIÓN POR CONTRAPRESION (K_b) = 1.000 -
 FACTOR DE CORRECCIÓN DISCO DE RUPTURA (K_c) = 1.000 -

Comentarios

CÁLCULO DE PRESIÓN AGUAS ARRIBA (P₁)

$$P_1 = P_{set} \times (1 + \text{Sobrepresión}) + P_{atm} \quad P_1 = 9.813 \text{ bara}$$

CÁLCULO DE CONTRAPRESIÓN CRÍTICA - FLUJO CRÍTICO (P_{cf})

$$P_{cf} = P_1 \times \left[\frac{2}{k+1} \right]^{\frac{k}{k-1}}$$

CONTRAPRESIÓN CRÍTICA (P_{cf}) = 5.184 barg
 ACTUALCONTRAPRESIÓN (P₂) = 1.013 bara
 VERIFICACIÓN SI EXISTE FLUJO CRÍTICO (P₂ <= P_{cf}) **FLUJO CRÍTICO!**

Las siguientes ecuaciones son válidas sólo para **FLUJO CRÍTICO** de Gas

FORMULA PARA COEFICIENTE PARA CALORES ESPECÍFICOS (C)

$$C = 520 \sqrt{k \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k+1}{k-1}}} \quad C = 356.1$$

Ref. API 520 Fig.32

Area de Descarga Requerido Efectivo (Flujo Crítico) A_{req}

$$A_{req} = \frac{13.16 \times W}{C \times K_d \times P_1 \times K_b \times K_c} \sqrt{\frac{T_{abs} \times Z}{M}} \quad T_{abs} = 303.15 \text{ K}$$

T_{abs} = T (°C) + 273.15

Calc. Area (A_{req}) = **645.2** mm²
 4.0 inch²

Ref. API 520 Eq.3.2

Cálculo del Diámetro (d)

$$d = \sqrt{\frac{4 \times A_{req}}{\pi}} \quad 28.662 \text{ mm} \quad 1.128 \text{ inch}$$

SELECCIÓN DE TAMAÑO Y AREA DE ORIFICIO SEGÚN API

Selected API Orifice = **3 J 4**
 Area de Descarga Efectiva API (A_{ef}) = **1.287** inch²
 28.69% % exceso

TABLA DE ORIFICIOS API

Orificio	Area	Area	Orificio	Area	Area
	in ²	mm ²		in ²	mm ²
1 D 2	0.110	71	4 L 6	2.853	1841
1 E 2	0.196	125	4 M 6	3.600	2323
1.5 F 2	0.307	198	4 N 6	4.340	2800
2 G 3	0.503	325	4 P 6	6.379	4116
2 H 3	0.785	506	6 Q 8	11.045	7126
3 J 4	1.287	830	6 R 10	16.000	10323
3 K 6	1.838	1186	8 T 10	26.000	16774

INFORMACIÓN DE PSV INSTALADA

Rev. 1

Pag. 1

TAG: PSV 2400001 **EQUIPO:** TK-443-18 (TANQUE PULMÓN DE AIRE 2.5m3)
FLUIDO: AIRE **ÁREA:** SERVICIOS - 2400

INFORMACIÓN - PSV - DSM

MARCA: APOLLO VALVES **DIAMETRO MENOR (do) [mm]:** 13,7 mm
MODELO: 19MEDL100 **COEF. DE DESCARGA GAS/VAPOR (D/G) [-]:** 1,00
TIPO DE PSV: VÁLVULA DE SEGURIDAD NORMAL **COEF. DE DESCARGA LÍQUIDO (F) [-]:** -

PLACA DSM:

S/I

PLACA FABRICANTE / INSCRIPCIÓN EN PSV:



INFORMACIÓN DE PLACA DSM:

PRESIÓN DE SET: 8 BARG (INDICADO POR PERSONAL DE MANTENIMIENTO)

INFORMACIÓN EN PLACA DEL FABRICANTE:

APOLLO VALVES / **MODELO:** 19MEDL100 / **PRESIÓN DE SET:** 100PSIG (DESDE FÁBRICA) / **TAMAÑO:** 3/4" / **CAPACIDAD:** 1220 lb/hr

TIPO DE DESCARGA:

ATMOSFÉRICA

DIBUJO DE PSV EN CATÁLOGO:



MATERIAL:

BODY: ASTM B584 Bronze

INFORMACIÓN ADICIONAL:

PRESIÓN NOMINAL:	MAX. 250 PSIG	ORIFICIO:	E	
CONEXIÓN DE INGRESO:	3/4" MNPT	ÁREA (A₀):	148,3 mm ²	
CONEXIÓN DE SALIDA:	1" FNPT	CAPACIDAD A P_{SET}:	1220 lb/hr	ASME SECTION VIII
BONETE:	CERRADO	PALANCA DE APERTURA:	SI	STEAM

ABREVIATURAS:

S/I SIN INFORMACIÓN

REFERENCIA:

APOLLO SAFETY VALVES 19Series_SS1118

Válvula de seguridad



Edificio:
 Posición del dispositivo:
 Posición del dispositivo de seguridad:

Unidad de operación:
 Función del dispositivo:
 PID Nr:

Equipo

Descripción del equipo:

Descripción del proceso y flujo:

Material:
 Presión de operación permitida:

p _B	barg	11.0
p _K	barg	21.5
p _A	barg	10.0

 Presión de diseño:

L _{Zylinder}	mm	
-----------------------	----	--

 Presión de trabajo:

D _i	mm	
----------------	----	--

Descripción del medio:
 Temperatura de operación permitida:

T _B	°C	230
T _A	°C	188

 Temperatura de trabajo:

V	m3	
A	m2	

 Volumen:

A	m2	
---	----	--

 Área de calentamiento:

Dispositivo de seguridad

Alimentación:

DN/PN	DN50	PN25
-------	------	------

 Tubería entrada:

L	m	0.30
n	-	0

 Longitud:

¿Isométricos disponibles?	No
¿Reducciones o partes mecánicas presentes?	No

Descarga:

DN/PN	DN80	PN16
-------	------	------

 Tubería descarga:

L	m	4.00
n	-	1

 Longitud:

¿Isométricos disponibles?	No
¿Reducciones o partes mecánicas presentes?	No

Comentarios:

Casos de diseño/Escenarios a considerar

Caso	Escenario	Breve descripción	Escenario relevante para el diseño
1	Falla Operacional	Fallan los controles de presión y el quemador sigue operando aumentando la presión en el Domo.	
2			
3			
4	Contingencia de Operación	Cae el consumo de vapor de forma brusca.	
5			

Diseño

Name: Fecha:
 Comentarios:

Dispositivo de seguridad

Marca:
 Modelo:
 Tipo:

Diámetro menor:

d ₀	mm	40,2
a _{w S/G}	-	0,955
a _{w L}	-	-

 Coeficiente de descarga gas/vapor:
 Coeficiente de descarga líquido:

Addendum:

Material:

Anexo 11 Documentos Tanque de Almacenamiento Atmosférico.



ELABORACIÓN Y VERIFICACIÓN DE SRS PARA VÁLVULAS DE ALIVIO DE PRESIÓN EN LA PLANTA DSM PIURA.



HOJA DE CALCULO DE PSV SEGÚN API 2000 7th Ed.

Rev. 1

TAG: PSV F82A
 FLUIDO: Aire

EQUIPO: F1082A
 ÁREA: Fraccionamiento-Merlín

TIPO DE PSV: Presión-Vacío

DATOS

CAUDAL DE CARGA (V _{pf}) =	17.0 m3/h
CAUDAL DE DESCARGA (V _{pe}) =	62.4 m3/h
DIAMETRO (D) =	2.7 m
ALTURA (H) =	4.5 m
TEMPERATURA (T)	30.0 °C
FACTOR AISLAMIENTO TÉRMICO (R _i)	1.00
FACTOR DE LATITUD (Y)	0.32
FACTOR DE PRESIÓN VAPOR Y TEMPERATURA (C)	6.50
SET DE PRESIÓN (P _{set})	25.0 mbar
SET DE VACÍO (V _{set})	-5.0 mbar

Comentarios

API 2000 7th Edicion
 API 2000 7th Edicion
 API 2000 7th Edicion

CÁLCULO DE VOLUMEN DEL TANQUE (V_{tk})

$$V_{tk} = V \times D^2 \times 0.25 \times H$$

V_{tk} = 24.82 m3

494

CÁLCULO DE NORMAL OUT-BREATHING (V_{op})

$$V_{op} = 2 \times V_{pf}$$

V_{op} = 34.08 m3/h

CÁLCULO DE NORMAL IN-BREATHING (V_{ip})

$$V_{ip} = V_{pe}$$

V_{ip} = 62.4 m3/h

CÁLCULO DE THERMAL OUT-BREATHING (V_{ot})

$$V_{ot} = V_{tk} \times 0.9 \times T$$

V_{ot} = 5.761 m3/h

CÁLCULO DE THERMAL IN-BREATHING (V_{it})

$$V_{it} = V_{tk} \times 0.7 \times T$$

V_{it} = 61.556 m3/h

TOTAL OUT-BREATHING (Caso Presión)

$$V_o = V_{op} + V_{ot}$$

V_o = 39.841 m3/h

TOTAL IN-BREATHING (Caso Vacío)

$$V_i = V_{ip} + V_{it}$$

V_i = 124 m3/h

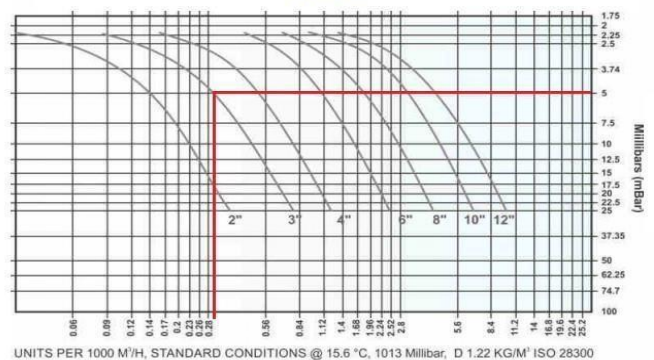
***Curvas de Flujo Referenciales

PRESION



Capacidad a 25mbar = 1000 m3/h

VACIO



Capacidad a -5mbar = 300 m3/h

INFORMACIÓN DE PSV INSTALADA

Rev. 1

Pag. 1

TAG: PSV F82A **EQUIPO:** F1082A (TANQUE INERTIZADO CON NITRÓGENO)
FLUIDO: NITRÓGENO **ÁREA:** WINTERIZACIÓN MERLÍN- 1500

INFORMACIÓN - PSV - DSM

MARCA: PROTECTOSEAL **DIAMETRO MENOR (do) [mm]:** 80mm / 80mm
MODELO: CS18543D3 **COEF. DE DESCARGA GAS/VAPOR (D/G) [-]:** -
TIPO DE PSV: VÁLVULA DE PRESIÓN - VACÍO **COEF. DE DESCARGA LÍQUIDO (F) [-]:** -

PLACA DSM / CALIBRACIÓN:



PLACA FABRICANTE / INSCRIPCIÓN EN PSV:



INFORMACIÓN DE PLACA DSM / CALIBRACIÓN:

PRESIÓN DE SET: 25 mbarg (LADO PRESIÓN) / -5 mbarg (LADO VACÍO)
PRESIÓN DE CIERRE: 23 mbarg (LADO PRESIÓN) / -3 mbarg (LADO VACÍO)

INFORMACIÓN EN PLACA DEL FABRICANTE:

THE PROTECTOSEAL CO. / **MODELO:** CS18543D3 / **SERIAL:** 323530 / **TAMAÑO:** 3x3

TIPO DE DESCARGA:

ATMOSFÉRICA

DIBUJO DE PSV EN CATÁLOGO:



MATERIAL:

CARCASA: ACERO FUNDIDO / **PALETA:** ACERO INOXIDABLE 316

INFORMACIÓN ADICIONAL:

PRESIÓN NOMINAL:	PN 16	ORIFICIO:	S/I
CONEXIÓN DE INGRESO:	3" #150	ÁREA (A₀):	5026,6 mm ²
CONEXIÓN DE SALIDA:	3" #150	CAPACIDAD A P_{SET}:	S/I
BONETE:	-	PALANCA DE APERTURA:	-

ABREVIATURAS:

S/I SIN INFORMACIÓN

REFERENCIA:

PROTECTOSEAL SP18540_SPEC

Válvula de seguridad



Edificio:		Unidad de operación	
Posición del dispositivo:	C6	Función del dispositivo:	Almacenamiento
Posición del dispositivo de seguridad:	C6	PID Nr:	P&ID 03 - IN113617

Equipo

Descripción del equipo:	Tanque de almacenamiento		
Descripción del proceso y flujo:	Tanque de almacenamiento de Aceite Flujo: Outbreathing 39.8 m3/h Inbreathing 119.2 m3/h		
Material:	Acero al Carbon	Descripción del medio:	Aceite
Presión de operación permitida:	p _B barg 0.0025	Temperatura de operación permitida:	T _B °C 60
Presión de diseño:	p _K barg 0.0025	Temperatura de trabajo:	T _A °C 35
Presión de trabajo:	p _A barg ATM		0
Longitud cilíndrica:	L _{Zylinder} mm 4500.0	Volumen:	V m3 24.8
Diámetro Interno:	D _i mm 2650.0	Área de calentamiento:	A m2 37.5

Dispositivo de seguridad

Alimentación:	DN/PN DN80 PN16	Descarga:	DN/PN DN80 PN16
Tubería entrada:		Tubería descarga:	
Longitud:	L m 0.50	Longitud:	L m 2.00
Codos 90°:	n - 0	Codos 90°:	n - 2
¿Isométricos disponibles?	No	¿Isométricos disponibles?	No
¿Reducciones o partes mecánicas presentes?	No	¿Reducciones o partes mecánicas presentes?	No
Comentarios:	Estas válvulas de presión y vacío no siguen el estándar API520 ni ASME Sec.VIII. Los caudales necesarios para estos tanques se calculan según API2000. No hay una normativa para calcular el área requerida.		

Casos de diseño/Escenarios a considerar

Caso	Escenario	Breve descripción	Escenario relevante para el diseño
1	Operación Normal	Carga y Descarga de producto al Tanque	
2			
3			
4	Efecto Térmico	Condensación y Evaporación de los gases del producto dentro del tanque	
5			

Diseño

Name:	Carlos García	Fecha:	
Comentarios:	Estas válvulas de Presión Vacío cumplen con la capacidad de flujo requerido según API 2000		

Dispositivo de seguridad

Marca:	PROTECTOSEAL	Diámetro menor:	d ₀ mm 80.0
Modelo:	CS18543D3	Coefficiente de descarga gas/vapor:	a _{w S/G} - -
Tipo:	Válvula de presión - vacío	Coefficiente de descarga líquido:	a _{w L} - -
Addendum:	VER DOCUMENTO: PSV F82A - INFO		
Material:	CARCASA: ACERO FUNDIDO / PALETA: ACERO INOXIDABLE 316		